

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES
ESCUELA DE GEOGRAFÍA

**Trabajo Final de Graduación en modalidad de tesis para optar
por el grado de Licenciatura en Geografía**

Ciencia ciudadana para la generación de información sobre
la calidad de las aguas superficiales en la cuenca del río Tres
Amigos. Zona Norte, Costa Rica, 2019

Sara Blanco Ramírez

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio
San José, Costa Rica
Abril, 2020

Tribunal Examinador

DEA. Pascal Girot Pignot
Presidente del Tribunal Examinador

Lic. Sebastián Granados Bolaños
Profesor invitado



Dr. Christian Birkel
Director del Comité Asesor

Dr. Edgar Espinoza Cisneros
Miembro del Comité Asesor

Dr. Tania Rodríguez Echavarría
Miembro del Comité Asesor

Bach. Sara Blanco Ramírez
Sustentante

Agradecimientos

Esta investigación es el resultado del tiempo, esfuerzo y conocimiento de muchas personas a quienes quiero agradecer profundamente por haberse aventurado durante casi un año a compartir esta experiencia.

A mis compañeros de tesis: Marcela Barboza, Miguel Álvarez, Jorge Arias, José Manuel Jara, Gustavo Herrera, Juan Carlos Godínez, David Cascante, Martha Méndez, Pablo Herrera, Margarita Alvarado & Carlos Alvarado; gracias por dedicar tiempo, esfuerzo y conocimiento para construir esta investigación. Gracias por acercarme más a mi propia comunidad y por permitirme acompañar sus luchas.

A Itzel Nieto: gracias por venir desde México a compartir por dos meses con nosotros, por ser compañera de trabajo de campo, por compartirnos su conocimiento y por ayudarnos a entender nuestros resultados.

A mi familia Ricardo, Patricia y Lucía: gracias por ser mis compañeros de trabajo de campo y mi comité asesor.

A un comité de tesis que le desearía a cualquier persona en un proceso como este: al profe Christian por confiar en mí y darme la oportunidad en su grupo de investigación, por guiarme y permitirme desarrollar esta investigación. Al profe Edgar por acompañarme y guiarme desde el 2016, por confiar en mí siempre. A Tania, por darme la oportunidad de aprender de y con ella, por ser una mujer e investigadora que nos inspira a muchas mujeres. Y aunque no fue miembro oficial del comité, a Alicia; por venir a inspirarnos y a compartir su conocimiento, por guiarme y aconsejarme en todo el proceso. Gracias a los cuatro por estar presente siempre, por acompañarme y motivarme durante todo el proceso.

También gracias a UCREA, que por medio del proyecto CHILD permitió construir esta investigación en conjunto y desde las comunidades.

Gracias al OACG, a sus investigadores que en algún momento también colaboraron en el desarrollo de esta investigación.

Las oportunidades que tuve durante este tiempo y las que hoy celebro mientras escribo esto, son el resultado de un proceso de mucha colaboración y aprendizaje compartido. Son el resultado de una experiencia de tesis que disfruté muchísimo y que le desearía a quienes se encuentren realizando la suya; una experiencia llena de apoyo, acompañamiento, estímulo, motivación y muchas oportunidades en medio y al final de todo.

Finalmente gracias a mis amigas, por vivir esto conmigo y por estar y escucharme siempre: Alexa, Amy, Ana, Dani, Dulce, Majo, Mary, Meli, Laura, Lucía, Sharon & Vane.

A Paz, por llegar a unirse a mi red de apoyo y cariño, por ser luz, por estar en mi defensa.

Resumen

La ciencia ciudadana es ampliamente entendida en la literatura como una forma de colaboración entre científicos y personas sin una preparación científica profesional, en la generación de nuevo conocimiento relacionado principalmente a procesos ecológicos. Esta investigación desarrolla bajo este enfoque de ciencia ciudadana, un monitoreo de la calidad de las aguas superficiales en la cuenca del río Tres Amigos, en la Zona Norte de Costa Rica. La investigación tiene por objetivo analizar cómo por medio de un ejercicio de ciencia ciudadana se puede generar y aportar conocimiento científico clave a las comunidades, para incidir y fortalecer los procesos locales de toma de decisiones relacionados a la calidad de las aguas superficiales.

Para llevar a cabo este monitoreo, se capacitó a actores locales de las comunidades (incluyendo Asadas, Asociaciones de Desarrollo, organizaciones ambientalistas y otras personas de la comunidad) de Venecia y Pital de San Carlos, en el uso de dos herramientas: un equipo sencillo y de bajo costo para la medición de parámetros básicos de calidad del agua, y una aplicación móvil diseñada para este proyecto, la cual permite el registro y la visualización de los datos recolectados.

La investigación presenta primero los resultados obtenidos del proceso de recolección de datos de calidad del agua, y los resultados obtenidos de las evaluaciones del proceso hechas con cada uno de los participantes. Seguidamente, se hace una sistematización de la experiencia en la cual se exponen lecciones aprendidas y retos identificados a través de la observación y reflexión de este proceso de ciencia ciudadana. Esta sección también incluye los resultados obtenidos por medio del acompañamiento individual y colectivo que llevó a cabo esta experiencia. Finalmente, se discute sobre el potencial de la ciencia ciudadana para el fortalecimiento de los procesos de toma de decisiones a nivel comunitario, a la luz de los resultados obtenidos por medio de esta experiencia. En esta sección se presenta el contexto de conflicto socioambiental provocado por el monocultivo de piña en esta cuenca, y se discute sobre su relevancia a lo largo de todo el proceso de monitoreo.

Esta investigación presenta las reflexiones que se derivan de este proceso de ciencia ciudadana, en un contexto latinoamericano, rural y de conflicto socioambiental; escenarios que han sido poco expuestos en la literatura referente a esta práctica. Por lo tanto, esta investigación se plantea como un esfuerzo por repensar la ciencia ciudadana en estos contextos, pero también de acuerdo a las particularidades de los resultados y aprendizajes individuales y colectivos obtenidos por medio de esta experiencia.

Tabla de contenido

Introducción	9
Justificación	10
Caracterización del área de estudio	11
Problema de investigación	12
Objetivos	13
Antecedentes	14
Capítulo I Marco conceptual y estrategia metodológica	18
Marco conceptual	18
Estrategia metodológica	21
Capítulo II Resultados del proceso de recolección de datos	33
Recolección de los datos:	33
Calidad de las aguas superficiales:	34
Uso de la sonda multiparamétrica:	37
Resultados de las evaluaciones individuales del proceso con los participantes:	40
Capítulo III Sistematización de la experiencia de ciencia ciudadana	50
El acompañamiento individual y colectivo:.....	50
La interpretación de los datos y el manejo de expectativas:.....	54
¿Bases de datos para quién y para qué?:.....	55
Capítulo IV Ciencia ciudadana para la toma de decisiones a nivel comunitario	56
Ciencia ciudadana para la incidencia política:.....	56
Ciencia ciudadana para la toma de decisiones en la cuenca del río Tres Amigos:.....	57
¿Politizar los datos?:	59
Conclusiones	62
Repensar la ciencia ciudadana:	64
Referencias bibliográficas	66
Anexos	72
Anexo 1 Manuales para el uso de las herramientas de monitoreo	72
Anexo 2 Guía de entrevista para la evaluación del proceso con cada uno de los participantes	75

Índice de figuras

Figura 1: a) Representación topográfica (rango de elevación m.s.n.m.), red hídrica y principales poblados de la cuenca del río Tres Amigos. b) Uso de la tierra, red hídrica, principales poblados y Áreas Silvestres Protegidas en la cuenca del río Tres Amigos. San Carlos, Costa Rica. Sistema de Coordenadas Geográficas WGS 1984. Fuente: Elaboración propia con datos del ITCR (2014), SNIT (2005) y Proyecto CHILD (2018).	12
Figura 2: Esquema del abordaje metodológico. 1) Capacitación de los participantes en el uso de las herramientas de monitoreo, 2) Seguimiento al proceso de recolección de los datos, 3) Análisis de los datos recolectados y 4) Devolución y evaluación de resultados por medio de talleres. Elaboración propia.	22
Figura 3: a) Componentes del Low Cost Water Monitoring Kit (tabletas y frascos para la recolección de muestras de agua). b) Resultados obtenidos al aplicar las tabletas respectivas para cada una de las pruebas de calidad del agua. Fuente: Karen Pérez (OACG, 2019).	24
Figura 4: Visualización del ingreso y registro de los datos en la Aplicación Monitoreo de Agua. Elaboración propia.	25
Figura 5: Ubicación y distribución de los puntos de muestreo a lo largo de la cuenca del río Tres Amigos. Elaboración propia.	28
Figura 6: a) Mapa de uso de la tierra y distribución de los puntos de muestreo en la cuenca del río Tres Amigos. b) Número de mediciones realizadas en cada punto de muestreo. c) Los cuadros azules señalan los meses en los cuales se realizaron mediciones en cada punto de muestreo. Elaboración propia.	34
Figura 7: Diagramas de caja que representan los valores de los parámetros: a) temperatura (°C), b) oxígeno disuelto (%) y c) Fosfatos (ppm) en los puntos de muestreo. Las cajas muestran la mediana y 1,5 veces el rango del intercuartil, los bigotes indican los percentiles 5/95 y los círculos representan los valores atípicos. Fuente: Elaboración propia con colaboración de Alicia Correa (OACG, 2020).	36
Figura 8: Perfil de los participantes de acuerdo a: a) género, b) nivel de educación y c) organizaciones a las cuales pertenecen los participantes. Elaboración propia.	41
Figura 10: Visualización de los datos ingresados por los participantes en la aplicación Monitoreo de Agua. Los “datos obligatorios” corresponden a las mediciones hechas para cada uno de los parámetros en la fecha que se observa en “datos generales”. a) Datos ingresados en el punto 5 de muestreo por la organización ambientalista de Pital, b) Datos ingresados en el punto 6 de muestreo por la investigadora y c) Datos ingresados en el punto 1 de muestreo por uno de los miembros de la comunidad de Venecia (dedicado a la ganadería). Elaboración propia.	44

Figura 11: a) Visualización de la ubicación y distribución los datos en la aplicación móvil y b) Visualización de la ubicación y distribución de los datos en la aplicación web. Elaboración propia.	45
Figura 12: Metodología básica de la planificación participativa para la incidencia política. Elaboración propia con base en WOLA (2005).	57

Índice de gráficos

Gráfico 1: Comparación entre el promedio de valores de oxígeno disuelto obtenidos con el Low Cost Water Monitoring Kit y la sonda multiparamétrica. Elaboración propia.	37
Gráfico 2: Comparación entre el promedio de valores de temperatura obtenidos con el Low Cost Water Monitoring Kit y la sonda multiparamétrica. Elaboración propia.	38
Gráfico 3: Comparación del promedio de valores de nitratos obtenidos con el Low Cost Water Monitoring Kit y la sonda multiparamétrica. Elaboración propia.	38

Índice de imágenes

Imagen 1: Capacitaciones en el uso del Low Cost Water Monitoring Kit. Pital, San Carlos. 2019. Fuente: OACG.	26
Imagen 2: Taller realizado el 07 de marzo 2019. Pital, San Carlos.	31
Imagen 3: Utilización de la sonda multiparamétrica y el Low Cost Water Monitoring Kit, setiembre 2019. Pital, San Carlos.	31
Imagen 4: Taller final realizado en Pital y Venecia de San Carlos respectivamente. Octubre 2019.	33
Imagen 5: a) Miembro de la Asociación de Desarrollo Integral de Pital recolectando muestras en el río Tres Amigos b) Miembros de la Asada de Venecia realizando pruebas con el Low Cost Water Monitoring Kit. Elaboración propia.	43

Índice de tablas

Tabla 1: Parámetros de calidad del agua medidos con el Low Cost Water Monitoring Kit (Earth Force® - 3-5886). Fuente: Elaboración propia.	23
Tabla 2: Características de los puntos de muestreo (ubicación, altitud, participante a cargo y uso de la tierra predominante). Elaboración propia.	27
Tabla 3: Guía para el registro de los resultados obtenidos mediante las mediciones con el Low Cost Water Monitoring Kit. Elaboración propia.	30
Tabla 4: Talleres realizados durante el proceso de monitoreo. Elaboración propia.	30

Tabla 5: Guía de preguntas para los espacios de discusión en los talleres finales. Elaboración propia.	33
Tabla 6: Promedios de los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros de calidad del agua medidos con el Low Cost Water Monitoring Kit (Earth Force® - 3-5886). Elaboración propia.....	35
Tabla 7: Respuestas obtenidas a partir de la evaluación individual realizada con cada uno de los participantes respecto al uso de las herramientas de monitoreo. A la pregunta 1 la mayoría de los participantes respondió “muy fácil”, a la pregunta 5 “fácil” y a la pregunta 6 “muy útil”. Se muestran además algunas respuestas dadas por los participantes respecto a la utilidad de la aplicación Monitoreo de Agua. Elaboración propia.	43
Tabla 8: Respuestas de algunos de los participantes sobre cuál fue su motivación en participar del monitoreo. Elaboración propia.	46
Tabla 9: Respuestas de algunos de los participantes sobre cuál fue su mayor aprendizaje al participar del monitoreo. Elaboración propia.	48
Tabla 10: Respuestas de algunos de los participantes sobre aspectos positivos que resaltaron de la experiencia. Elaboración propia.....	49
Tabla 11: Respuestas de algunos de los participantes sobre aspectos que mejorarían de la experiencia. Elaboración propia.	50

Introducción

La ciencia ciudadana es una práctica que permite la colaboración entre científicos y personas que no tienen una preparación científica profesional, en la generación de conocimiento principalmente en las ciencias naturales. Es conocida también como la forma en la que se desarrolla una investigación científica, por medio de la participación de personas que no están involucradas con las instituciones en las cuales tradicionalmente se produce conocimiento científico (Lave, 2012; Kullenberg, 2015). La aplicación de este enfoque se ha dado principalmente en las ciencias básicas, para el monitoreo de variables ambientales relacionadas con ecología, cambio climático o biología de la conservación (Silvertown, 2009). Pero además, recientemente la literatura ha expuesto numerosas aplicaciones de ciencia ciudadana en el campo de la Hidrología (Njue et al., 2019).

Por otro lado, el agua comprende un recurso natural con el cual las sociedades han establecido relaciones complejas a lo largo del tiempo, y es en la actualidad un recurso que sobresale en políticas públicas, agendas ambientales o conflictos territoriales. Además de su cantidad, la calidad del agua es una característica que se busca asegurar en distintos acuerdos o encuentros que se llevan a cabo en torno a la gestión de este recurso. El agua, según el Programa Estado de la Nación (2017), “está asociada al uso del territorio, por un lado como objeto de resguardo en las fuentes y zonas de recarga, y por otro, como recurso sometido a las presiones derivadas de los usos del suelo, en particular el urbano y el agrícola, así como a las prácticas de descarga de aguas residuales” (Programa del Estado de la Nación, 2017, p. 197). En el foro “Una Agenda para el Agua” del año 2017, se plantearon recomendaciones para la gestión del recurso hídrico, dentro de las que se incluye garantizar la participación ciudadana en todos los niveles del proceso de gestión de este recurso (Rodríguez, 2017).

En este sentido, esta investigación desarrolla por medio de ciencia ciudadana, un monitoreo de la calidad de las aguas superficiales en la cuenca del río Tres Amigos, ubicada en la Zona Norte de Costa Rica. Este monitoreo se llevó a cabo en colaboración con personas de las comunidades de Venecia y Pital de San Carlos, mediante el uso de dos herramientas tecnológicas: un equipo para la medición de parámetros básicos de calidad del agua, y una aplicación móvil diseñada para este proyecto, para el registro de los datos obtenidos. El propósito de esta investigación, es determinar cómo la ciencia ciudadana puede fortalecer los procesos de toma de decisiones de estas comunidades en temas relacionados con la calidad de las aguas superficiales en esta cuenca.

Este documento presenta los resultados obtenidos de este proceso, además de las reflexiones que se derivan de esta experiencia de ciencia ciudadana en un contexto rural y de conflicto socioambiental, en la Zona Norte de Costa Rica.

Justificación

La ciencia ciudadana es una forma de generar conocimiento científico en la cual participan, en algunas o varias fases de la investigación, personas sin una preparación científica profesional o que no se encuentran vinculadas a los espacios en los cuales -se produce conocimiento- tradicionalmente (Lave, 2012; Kullenberg, 2015). La ciencia ciudadana ha estado generalmente relacionada a la producción de conocimiento científico, entendiendo este en la mayoría de los casos como el que se deriva de las ciencias básicas o exactas. Involucrar a lo que en la literatura se denominan “no científicos” o “público en general” en el desarrollo de una investigación científica, es uno de los aspectos positivos que generalmente se resaltan de esta práctica. Esta “virtud” de la ciencia ciudadana, es considerada por algunos autores como una forma de convertir la investigación científica en procesos más participativos, haciendo a la ciencia más accesible a todas las personas y saliendo de los esquemas tradicionales de producción de conocimiento en centros de investigación, universidades, laboratorios u otros (Lave, 2012; Kullenberg, 2015).

Por medio de esta práctica, han surgido recientemente numerosas investigaciones enfocadas en el monitoreo de variables ambientales relacionadas a biodiversidad, agua, aire, suelo, clima, entre otras. Estas iniciativas han surgido principalmente en los últimos diez o quince años, pero en el área de la Hidrología, el auge de estas se ha dado principalmente desde el año 2014 (Njue et al., 2019). Según autores como Silvertown (2009) y Njue et al. (2019), el aumento en esta iniciativas se ha dado gracias a avances tecnológicos como el Internet y teléfonos inteligentes, los cuales son cada vez más accesibles para una gran parte de la población, lo que ha permitido el desarrollo de múltiples aplicaciones y equipos para el monitoreo de estas variables hidrológicas. Además de esto, la mayoría de iniciativas de ciencia ciudadana con enfoque hidrológico, se han desarrollado principalmente en regiones como Norteamérica o Europa, y no así en países del sur global (Buytaert et al., 2014; Njue et al., 2019).

De acuerdo a Jollymore et al. (2017), la literatura ha prestado menos atención a la dimensión política de la ciencia ciudadana, es decir; más allá de la recolección de datos, la cual es una de las tareas más frecuentes realizadas por los participantes en estas iniciativas. Como lo señalan estos autores, la literatura alrededor de esta práctica se ha centrado en los resultados científicos obtenidos, y en menor medida ha explorado las experiencias de los participantes. Según estos autores, “a pesar de numerosas implementaciones de programas de ciencia ciudadana dentro de la gestión del agua, hay pocas discusiones sobre las mejores prácticas, marcos y lecciones aprendidas con respecto a la participación ciudadana específicamente dentro de las ciencias hidrológicas” (Jollymore et al., 2017, p. 457).

Esta investigación busca estudiar las formas en la que la aplicación de un enfoque de ciencia ciudadana para el monitoreo de la calidad de las aguas superficiales, puede fortalecer los procesos de toma decisiones en temas relacionados con la calidad del agua en la cuenca del

río Tres Amigos, ubicada en la Zona Norte de Costa Rica. La presente investigación no solo pretende generar información sobre la calidad de las aguas superficiales por medio de un monitoreo participativo, sino que también busca evaluar la utilidad de los datos recopilados y de la experiencia para quienes participen, y cómo estos dos elementos pueden fortalecer la toma de decisiones a nivel individual y colectivo respecto a temas hidrológicos.

Finalmente, esta investigación se plantea como un aporte a la discusión sobre la ciencia ciudadana con enfoque hidrológico, desde un caso de estudio en una región en la que se ha generado poca literatura alrededor de este tema, pero además en un contexto particular de conflicto socioambiental. Esta investigación centra su análisis en el proceso de ciencia ciudadana más allá de los datos de calidad del agua recolectados, atendiendo a este vacío existente en la literatura, considerando las experiencias individuales y colectivas, la relevancia del contexto socioambiental, así como las lecciones aprendidas durante el proceso.

Caracterización del área de estudio

El río Tres Amigos comprende una subcuenca de la cuenca del río San Carlos. Se encuentra ubicada en la Zona Norte de Costa Rica y tiene un área aproximada de 426 km² (figura 1). El rango de elevación de esta cuenca va de los 2022 m.s.n.m. cerca de la Cordillera Volcánica Central, hasta los 44 m.s.n.m en la parte baja de la cuenca cuando se une al río San Carlos. El clima se caracteriza por una temperatura promedio de 23C°, una precipitación de 3700 mm anuales y una humedad relativa de 95%. Los ultisoles e inceptisoles son los principales órdenes de suelo presentes en esta cuenca, aunque también se observan andisoles. El uso de la tierra se distribuye en bosque (40.84%), cultivos hortícolas (20.72%), pastos (19.86%) y monocultivo de piña (16.19%). La cobertura de bosque está asociada principalmente a la presencia de dos áreas silvestres protegidas: el Parque Nacional del Agua Juan Castro Blanco en la parte alta de la cuenca, y el Refugio de Vida Silvestre Maquenque en la cuenca baja. Los pastos están dedicados a la ganadería en su mayoría de leche, la cual es una actividad económica importante en la cuenca, así como el monocultivo de piña, el cual se encuentra en constante expansión en esta cuenca. El monocultivo de piña en este sitio de estudio, no es solo una actividad económica importante, sino que también ha provocado conflictos socioambientales debido a la contaminación de fuentes de agua superficiales y subterráneas. Esta contaminación fue revelada en Junio 2018 mediante estudios de la Universidad de Costa Rica, los cuales demostraron la presencia de plaguicidas como bromacil y ametrina en fuentes de agua ubicadas en esta cuenca (Córdoba, 2018, párr. 2).

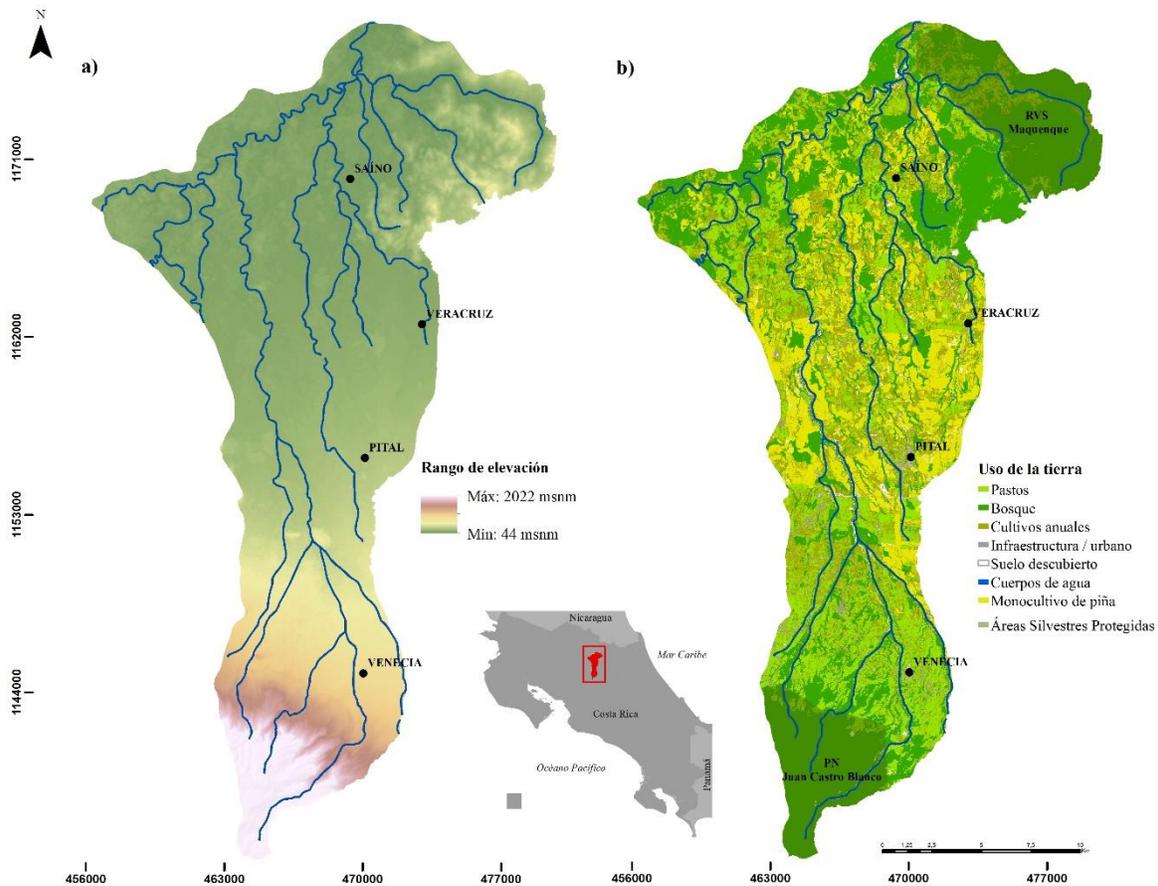


Figura 1: a) Representación topográfica (rango de elevación m.s.n.m.), red hídrica y principales poblados de la cuenca del río Tres Amigos. b) Uso de la tierra, red hídrica, principales poblados y Áreas Silvestres Protegidas en la cuenca del río Tres Amigos. San Carlos, Costa Rica. Sistema de Coordenadas Geográficas WGS 1984. Fuente: Elaboración propia con datos del ITCR (2014), SNIT (2005) y Proyecto CHILD (2018).

Problema de investigación

La presencia de actividades como el monocultivo de piña genera una serie de afectaciones sociales y ambientales que afectan a las comunidades en las cuales se instala (Valverde et al., 2016). Dentro de los impactos ambientales del monocultivo de piña en Costa Rica, se incluyen la contaminación de fuentes de aguas superficiales y subterráneas debido al uso excesivo de agroquímicos en este cultivo. Recientemente, se hicieron públicos estudios que demuestran la presencia de plaguicidas en cuerpos de agua ubicadas dentro de la cuenca del

río Tres Amigos, los cuales se relacionan con la actividad piñera presente en esta cuenca (Córdoba, 2018).

Relacionado a esta problemática, el acceso a datos limitados que se generan en la ciencia, especialmente relacionados al recurso hídrico, es una problemática recurrente en investigación (Cerdas, 2017; Buytaert et al., 2015). Además de esto, no existen registros exhaustivos y fácilmente accesibles de información hidrológica recolectada a nivel institucional y comunitario, lo que conlleva a una falta de datos útiles para la planificación y toma de decisiones en múltiples escalas.

En este sentido, la ciencia ciudadana es una práctica que permite generar y expandir el conocimiento científico de una forma participativa, sin embargo existen pocas experiencias en Costa Rica relacionadas con la generación de información de variables hidrológicas a nivel local y desde este enfoque participativo. La falta de este tipo de experiencias participativas y del monitoreo de parámetros de calidad del agua por parte de las instituciones, reduce la disponibilidad de insumos de carácter científico que promuevan el empoderamiento de las comunidades y sirvan para la gestión local de los recursos naturales en el territorio.

Por esto se plantea como pregunta de investigación, ¿Cómo la ciencia ciudadana contribuye al fortalecimiento del proceso de toma de decisiones de las comunidades a partir del monitoreo de la calidad de las aguas superficiales, en la cuenca del río Tres Amigos, en la Zona Norte de Costa Rica, durante el año 2019?

Objetivos

OBJETIVO GENERAL: Determinar cómo la ciencia ciudadana puede aportar conocimiento científico clave a las comunidades para incidir en los procesos de toma de decisiones relacionados a la calidad de las aguas superficiales, en la cuenca del río Tres Amigos en la Zona Norte de Costa Rica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 1- Capacitar a actores locales de las comunidades en el uso de un equipo para la medición de parámetros básicos de calidad del agua y una aplicación móvil para el registro de los datos obtenidos, con el fin de llevar a cabo un monitoreo participativo de la calidad de las aguas superficiales, en la cuenca del río Tres Amigos.
- 2- Monitorear y dar seguimiento al uso de las herramientas así como al proceso de generación e interpretación de la información obtenida.

- 3- Evaluar el proceso de ciencia ciudadana a través de una sistematización de las experiencias y aprendizajes individuales y colectivos por parte de los participantes.

Antecedentes

En esta sección se presentan investigaciones relacionadas a ciencia ciudadana con enfoque hidrológico y de calidad del agua. Se mencionan principalmente artículos científicos con ejemplos desarrollados a nivel internacional ya que, la literatura consultada como se expondrá a continuación, demuestra que existen pocas aplicaciones bajo este enfoque de ciencia ciudadana no solo en Costa Rica sino también en América Latina. Finalmente, se incluyen investigaciones y un libro que si bien no constituyen aplicaciones directas de ciencia ciudadana para el monitoreo de la calidad del agua, resultan importantes para guiar el análisis de esta experiencia que se desarrollará más adelante.

Ciencia ciudadana con enfoque hidrológico:

Existen dos investigaciones la cuales hacen un recuento y presentan el estado de las aplicaciones de ciencia ciudadana en el campo de la Hidrología, y principalmente en el monitoreo hidrológico. Si bien esta investigación no tiene como objeto de estudio este amplio marco de investigaciones, resulta importante mencionar el estado actual de las aplicaciones de este enfoque relacionadas con el agua.

La primera es Buytaert et al. (2014) *Citizen science in hydrology and water resources: opportunities for knowledge generation, ecosystem service management, and sustainable development*. Este artículo presenta la literatura existente relacionada con ciencia ciudadana en investigaciones hidrológicas, las motivaciones detrás de este enfoque y los desafíos y oportunidades de la ciencia ciudadana en este campo del conocimiento. El artículo expone finalmente, cuatro casos de estudio con enfoque de ciencia ciudadana en regiones montañosas, de los cuales resalta el potencial de esta práctica en cuanto a la generación de conocimiento útil para los participantes de acuerdo a las particularidades ambientales de cada una de las regiones de estudio.

Los autores señalan que la aplicaciones de ciencia ciudadana no han sido ampliamente utilizadas en el campo del recurso hídrico, debido a la tecnología avanzada que se requiere para el monitoreo de muchas de las variables hidrológicas. Sin embargo, los avances en el desarrollo de tecnologías más accesibles han dado oportunidad para empezar a considerar la ciencia ciudadana con aplicaciones hidrológicas, lo cual explica el reciente auge de la ciencia ciudadana en este campo. Según los autores, las iniciativas que se han desarrollado presentan particularidades tales como una marcada presencia en países desarrollados (en Europa y

Norteamérica principalmente), están enfocadas en el monitoreo de calidad del agua, y la participación de las personas tiene que ver en su mayoría con la recolección de datos.

Buytaert et al. (2014) presentan en este artículo ideas importantes que se considerarán más adelante en esta investigación, y que tienen que ver con la “descentralización del conocimiento” y la forma en la que se produce este:

El concepto de ciencia ciudadana con el término "ciudadano" y sus connotaciones políticas sugiere una dimensión política -en oposición a una técnica-neutral- y requiere una articulación descentralizada y diferente del proceso de conocimiento científico dentro del proceso social más amplio de co-creación de "conocimiento accionable", lo suficientemente compartido para que se convierta en la base de "acciones" transformadoras dentro de la gestión de los recursos (p.9).

En este sentido, los autores también incluyen en su discusión ideas sobre la “gobernanza inherentemente policéntrica y multiescalar” de los recursos naturales y particularmente del agua. Por esto plantean que la diversidad de conocimientos locales, y especialmente en zonas rurales, alrededor del agua y otros recursos naturales, es un llamado a la ciencia ciudadana para en su práctica, conectar estos conocimientos con la ciencia “neutral y tecnocrática” permitiendo que de esta manera se enriquezcan ambos conocimientos. Las ideas planteadas por estos autores resultan importantes para entender el concepto de ciencia ciudadana que se presenta en esta investigación. Según Buytaert et al. (2014), más allá de la colecta de datos y de una visión tecnocrática de la generación de conocimiento, la ciencia ciudadana es una oportunidad para explorar y reconocer el conocimiento en su dimensión política.

Por otro lado, Njue et al. (2019) “*Citizen science in hydrological monitoring and ecosystem services management: State of the art and future prospects*”, es un estudio reciente que revisa 71 artículos científicos publicados entre el 2001 y 2018, y presenta el estado actual de las aplicaciones de ciencia ciudadana en la investigación hidrológica.

El estudio coincide con Buytaert et al. (2014) en que la mayoría de estas iniciativas se concentran en países desarrollados (nuevamente Europa y Norteamérica), están enfocadas en el monitoreo de la calidad del agua y el involucramiento de los participantes tiene que ver con la recolección de datos o muestras de agua. En cuanto al monitoreo de calidad del agua, los autores señalan que las iniciativas se desarrollan por medio de la recolección de muestras para un análisis posterior en laboratorio pero también la medición de parámetros *in situ*. Dentro de los parámetros ampliamente medidos se encuentran la turbidez y la concentración de nitratos, pero también la medición de indicadores como macroinvertebrados o coliformes fecales. Los autores señalan que para el monitoreo de la calidad del agua, “los sistemas de monitoreo desarrollados recientemente son rentables, portátiles y ofrecen un monitoreo continuo de la calidad del agua en tiempo real, así como posibilidades de almacenamiento de datos en la nube, y son fáciles de usar con una capacitación mínima” (p.8).

Según Njue et al. (2019) y como se pretende reflejar en esta investigación, el futuro de la ciencia ciudadana en el campo hidrológico debe estar marcado por “vínculos más fuertes entre investigadores y comunidades” para mejorar así la sostenibilidad en las redes de monitoreo.

Ciencia ciudadana en el monitoreo de la calidad del agua:

Como se dijo anteriormente, el monitoreo de la calidad del agua es uno de los campos de la Hidrología en donde se han aplicado mayormente enfoques de ciencia ciudadana. Según Njue et al. (2019), la participación de personas de las comunidades tiene que ver con la recolección de muestras o en algunos casos con la realización de pruebas en el sitio de muestreo. Como lo evidencian en su artículo Njue et al. (2019), muchas de estas investigaciones se encuentran en el marco de trabajo del proyecto internacional Fresh Water Watch, sin mencionar las extensas redes de voluntarios que participan en las iniciativas de monitoreo que la Environmental Protection Agency (Estados Unidos) ha desarrollado en torno a la calidad del agua en este país.

De acuerdo a la literatura revisada, las publicaciones se enfocan en comparar la calidad de resultados obtenidos sobre algunos parámetros de la calidad del agua mediante ciencia ciudadana, con los datos generados por medio de tecnología más sofisticada (Shelton, 2013; Win et al., 2019). Algunas como Loiselle et al. (2016), evalúan las condiciones de la calidad del agua (concentraciones de nitratos y fosfatos) y los factores que afectan a esta complementando datos a escala macro, con datos a microescala obtenidos por medio de ciencia ciudadana. Otras publicaciones destacan la generación de bases de datos sobre concentraciones de coliformes fecales con una alta resolución espacial y temporal (Farnham et al., 2017). O por medio de crowdsourcing (considerando este como una forma de ciencia ciudadana), se han realizado campañas de muestreo para evaluar la distribución espacial de solutos de nitrógeno en aguas superficiales (Breuer et al., 2015).

Generalmente todas estas publicaciones coinciden concluyendo que la ciencia ciudadana permite la generación de bases de datos extensas (en tiempo y espacio), y que la calidad de los datos generados mediante esta práctica, permite que estos sean útiles para aplicaciones como modelado hidrológico o bien, para la toma de decisiones.

Algunas publicaciones particulares en este campo, incluyen la de Jollymore et al. (2017) la cual presenta algunas interrogantes sobre cómo las motivaciones y expectativas de los participantes se ven reflejadas no solo en las decisiones que toman estos durante el monitoreo sino también en los datos que generan (por ejemplo: en algunos casos la motivación era demostrar el vertido de aguas residuales de una industria en el río, por lo que los participantes solo tomaban muestras en los momentos en los que sabían que esto estaba ocurriendo). Mientras que por otro lado, Alender (2016) realizó una encuesta a 271 participantes de iniciativas de monitoreo de calidad del agua, en la cual señala que los “resultados tangibles” son un elemento clave en la comunicación y devolución de resultados para los participantes.

Más allá del reconocimiento de su participación en publicaciones científicas, las cuales pueden ser consideradas resultados “inaccesibles”, los participantes esperan que los datos generados les sean de utilidad para sus propias agendas ambientales. La autora sugiere la necesidad de consultar a los participantes cómo quieren que sean utilizados los datos generados, así como también mejorar las estrategias que se utilizan para comunicar estos resultados.

Science by the People: participation, power, and the politics of environmental knowledge:

Aya Kimura y Abby Kinchy son dos autoras que desde la sociología política y ambiental y los estudios de la ciencia y la tecnología, han investigado otras perspectivas de la ciencia ciudadana menos discutidas en los estudios de esta práctica relacionados con el monitoreo ambiental. Las autoras exploran más allá del concepto, los contextos sociales y políticos en los cuales se desarrollan algunas de las aplicaciones de ciencia ciudadana, las relaciones de poder que surgen dentro de estos procesos, así como las implicaciones políticas del conocimiento que se genera a partir de esta práctica.

Un primer artículo que interesa de estas autoras es “*Probing the Virtues and Contexts of Participatory Research*”. En esta publicación las autoras presentan algunas “virtudes” de la ciencia ciudadana con respecto a otras investigaciones de tipo participativo. Dentro de estas virtudes señalan: el aumento de datos científicos, alfabetización científica y conciencia ambiental, la construcción de capital social y liderazgo comunitario, la colaboración entre científicos y comunidades reduciendo así desigualdades entre estos, llenar vacíos de conocimiento, la incidencia política e identificar “contaminadores”.

El artículo resulta importante para esta investigación al señalar que no todas estas “virtudes” de la ciencia ciudadana se presentan en todos los casos, sino que más bien depende del contexto político particular en el cual se desarrollen. Según las autoras, “un marco sólido para el análisis de la ciencia ciudadana no solo abordará las formas en que se recopilan los datos científicos y se les da un uso particular; también situará el proyecto en relación con fuerzas estructurales sociales más amplias” (p. 353). En este sentido, las autoras también repasan el contexto social más amplio de la ciencia ciudadana, invitando a reflexionar sobre esta en términos de “cientificación”, neocolonialismo, globalización y neoliberalismo.

Por otro lado, recientemente (2019) estas autoras publicaron el libro “*Science by the People: participation, power, and the politics of environmental knowledge*”. Este libro desarrolla primero una discusión alrededor de la cuestión política del conocimiento, la justicia ambiental y el concepto de ciudadanía, los cuales consideran como ideas claves para su análisis sociológico de la ciencia ciudadana. Las autoras desarrollan tres capítulos con ejemplos particulares de ciencia ciudadana, el primero tiene que ver con la contaminación de cuerpos de agua provocada por la industria del petróleo de esquisto, en Estados Unidos. El segundo caso trata sobre el monitoreo de la radiación después del desastre nuclear en Fukushima y el tercer caso el monitoreo de cultivos genéticamente modificados en México.

En cada uno de estos casos se presenta el contexto político-ambiental y las iniciativas de ciencia ciudadana desarrolladas alrededor de estas problemáticas. Posterior a esto, las autoras desarrollan para cada caso una discusión en torno a lo que llaman “dilemas de la ciencia ciudadana” presentes en estos ejemplos tales como; el trabajo voluntario, posicionarse respecto a problemas ambientales, poner los datos en contexto así como el contexto local y global del problema ambiental.

Este libro aporta ideas de gran importancia para la discusión que se pretende desarrollar en esta investigación. Las autoras definen a la ciencia ciudadana como “un acto político”, el cual requiere planearse y pensarse más allá de la recolección de los datos, aun cuando reconocen que no existe una única forma de lograr esto. La ciencia ciudadana puede promover una ciencia “más diversa e inclusiva”, y ser socialmente transformadora cuando “ofrece conocimientos e interpretaciones alternativas de cuerpos, entornos y mundos sociales” (p.27).

Capítulo I Marco conceptual y estrategia metodológica

Marco conceptual

En esta sección se presentan los conceptos claves en los cuales se enmarca y que guían esta investigación:

Esta investigación se enmarca en el campo de estudio denominado **socio-hidrología**. Este campo tiene como objetivo estudiar cómo interactúan los procesos socioeconómicos e hidrológicos y así “comprender la dinámica y la coevolución de los sistemas acoplados de agua y humanos” (Sivaplan, 2012, p. 1271). Se trata entonces, de una disciplina que busca comprender el alcance y los impactos que tienen las actividades humanas en variables hidrológicas, incluyendo en estas actividades humanas no solo el comportamiento humano, sino también la influencia que tienen las instituciones en estas variables (Levy et al, 2016).

El marco de trabajo de la socio-hidrología comprende tres aspectos cruciales: “(a) estructuras multiescalares del sistema hídrico y sus dinámicas, (b) los resultados del bienestar humano relacionados con el agua que surgen a través de escalas físicas y los niveles de gobernanza, y (c) los objetivos normativos de individuos y sociedades enteras con respecto al uso del agua, la conservación y la sostenibilidad” (Sivaplan, 2014, p. 226).

De esta forma, el enfoque hidrológico de esta investigación sugiere repasar algunos conceptos claves en este campo. Si bien, históricamente se ha hablado del ciclo hidrológico como el flujo del agua en la hidrosfera y en cuál interactúan diversas variables hidrológicas, recientemente la socio-hidrología ha incorporado el concepto de **ciclo hidrosocial**, el cual considera de manera más explícita el rol del ser humano como parte intrínseca del ciclo del agua. Este concepto se refiere a “un proceso socio-natural por el cual el agua y la sociedad

se hacen y rehacen uno a otro en el tiempo y espacio” (Linton & Budds, 2014, p. 170). Estos autores también plantean que se trata de un proceso mediante el cual la alteración o manipulación de los flujos y la calidad del agua afectan las relaciones sociales y su estructura y que éstas a su vez producen una mayor alteración o manipulación del agua. Otros autores definen este concepto, como la forma en que el poder vinculado a las acciones humanas alteran el ciclo natural del agua y viceversa (Damonte, 2015). Por otro lado, la literatura señala que en términos de perspectivas político-ecológicas, existe “una correlación entre las transformaciones de, y en el ciclo hidrológico a nivel local, regional y global por un lado, y las relaciones a nivel social, político, económico y de poder cultural en el otro” (Swyngedouw, 2009, p. 56).

Otro de los conceptos clave es el de **cuenca hidrográfica**, utilizados ampliamente como unidad hidrológica, como “el espacio delimitado por las zonas de escurrimiento de las aguas superficiales que convergen hacia un mismo cauce”, o bien como “una zona geográfica drenada por una corriente de agua” (Dourojeanni, 1994, p. 113; FAO, 2009, p. 3). Esta es la definición “volumétrica e hidrológica” de la cuenca hidrográfica (Dourojeanni, 1994). Por otro lado, este concepto ha sido utilizado en distintos contextos que no solo se relacionan con su carácter hidrológico, sino que en las últimas tres décadas, tiene una dimensión social que ha sobresalido en distintas políticas de gestión orientadas al recurso hídrico (Linton & Budds, 2013). Sin embargo, si bien es necesario entender la definición natural de una cuenca, el contexto actual sugiere que más allá de su relevancia como unidad geográfica, la cuenca hidrográfica es también “una construcción política e ideológica, que tiene representaciones discursivas estrechamente ligadas con las configuraciones de escala tanto ecológicas como en términos de gobernanza” (Molle, 2008, p. 484).

En este sentido, otro concepto del campo de la Hidrología y de interés para esta investigación, es el de **calidad de agua**. La calidad del agua es una característica que depende en cierta medida, de las interacciones del ser humano o de sus actividades con este recurso. Algunos autores coinciden que esta no tiene una definición clara, sino que implica diversas consideraciones para ser definida, ya que la calidad del agua tiene distintas valoraciones dependiendo de su uso, ya sea para consumo humano o para riego, según Vigil (2003). En este sentido, Vigil (2003) señala que “algunas sustancias que se disuelven en el agua reducen su calidad mientras que otras la mejoran, como el plomo, que al disolverse en el agua reduce la calidad de esta, mientras que el gas de oxígeno disuelto en agua mejora la calidad y beneficia los organismos que viven en esta” (p. 25). El valor de la calidad del agua es el reflejo de la integración de parámetros físicos, químicos y biológicos del agua, dentro de los cuales destacan el oxígeno disuelto, la temperatura, el pH, sustancias orgánicas e inorgánicas, sólidos, nutrientes, tóxicos y microorganismos (Vigil, 2003).

Para esto, existen simplificaciones llamadas índices de calidad de agua, que resultan de la integración de mediciones de estos parámetros mencionados (Torres et al., 2009; Abbasi & Abbasi, 2012).

El estudio de la calidad de las aguas superficiales en la cuenca del río Tres Amigos, se hará por medio de la **ciencia ciudadana**, un concepto central de esta investigación y que su definición es necesaria para comprender la discusión que se desarrollará más adelante.

Eitzel et al. (2017) señalan en un artículo dedicado a comprender la terminología de este concepto, que su definición es dinámica debido a la constante expansión a distintos campos del conocimiento y a la diversidad de enfoques con los cuales es utilizado este concepto. A su vez, según Kullenberg & Kasperowski (2016) “el problema más difícil de describir la ciencia ciudadana se origina en los múltiples significados del concepto mismo” (p. 2).

La literatura de este concepto se encuentra en su mayoría en inglés, así como muchos términos con los cuales se le relacionan tales como: crowdsourcing, ciencia comunitaria (community science), ciencia cívica (civic science), monitoreo basado en la comunidad (community-based monitoring), investigación participativa basada en la comunidad (community-based participatory research), Información Geográfica Voluntaria (volunteered geographic information), monitoreo ambiental participativo (Participatory Environmental Monitoring), entre otros. En su mayoría, estos se encuentran vinculados a investigaciones de tipo ambiental desarrolladas en las ciencias naturales, siendo la Biología uno de los campos en donde ha sido explorada y aplicada ampliamente. Lo que tienen en común todos estos términos, es que se refieren a la ciencia ciudadana como la colaboración de lo que llaman “público en general” o “no científicos” en investigaciones científicas (Bonney et al., 2009; Wiggins & Crowston, 2011; Dickinson et al., 2012; Bonney et al., 2014; Hecker et al., 2018). Según Silvertown (2009), estas investigaciones se han desarrollado principalmente alrededor del “cambio climático, especies invasoras, biología de la conservación, restauración ecológica, monitoreo de la calidad del agua, ecología de poblaciones” (p.1).

La literatura refiere constantemente a dos interpretaciones de este concepto, y a dos autores a quienes se les atribuye la definición de este. En Estados Unidos, Rick Bonney y en el Reino Unido, Alan Irwin. La diferencia entre sus definiciones se centra en considerar la ciencia ciudadana como una práctica para democratizar la ciencia (Alan Irwin), mientras que la otra la considera más como una forma participativa de recolección de datos científicos en las ciencias naturales principalmente (Rick Bonney) (Shirk et al. 2012; Riesch & Potter, 2013; Kullenberg, 2015, Kullenberg & Kasperowski, 2016; Kimura & Kinchy, 2016; Kimura & Kinchy, 2019).

Según Shirk et al. (2016), esta variedad de términos relacionados al de ciencia ciudadana, se encuentran bajo lo que proponen como la “participación pública en la investigación científica” (PPSR por sus siglas en inglés), entendiendo esta como “como colaboraciones intencionales en las cuales los miembros del público participan en el proceso de investigación para generar nuevos conocimientos basados en la ciencia” (p. 2).

De acuerdo con Eitzel et al. (2017) , cuando la ciencia ciudadana en su proceso busca y promueve el empoderamiento comunitario, generando evidencia que puede ser utilizada para articular acciones respecto a problemáticas ambientales, se considera que coincide con los principios de la **investigación acción participativa**, conocida ampliamente en el contexto

latinoamericano. Esta última es entendida como “un proceso colaborativo de investigación, educación y acción orientado explícitamente hacia el cambio social” (Kindon et al. 2008 citado en Eitzel et al., 2017).

Sin embargo, como no todos estos términos mencionados anteriormente relacionados a ciencia ciudadana aplican para todos los casos o enfoques, lo mejor es definir qué se entiende por ciencia ciudadana cuando se utiliza el concepto (Eitzel et al., 2017). Por esto para el caso de esta investigación, se entiende como ciencia ciudadana una forma de generación de conocimiento en la cual “personas que no son científicos profesionales participan en esfuerzos estructurados y colectivos para investigar algún aspecto de su entorno”, y esto con el fin de “tomar acciones respecto a un asunto (ambiental en este caso) de preocupación compartida” (Kimura & Kinchy, 2019, p.9).

Por otro lado, la **incidencia política** es un concepto importante para comprender las discusiones que desarrollarán más adelante, relacionadas con las potencialidades de la ciencia ciudadana en este campo y de acuerdo a la pregunta de esta investigación. La incidencia política permite a la ciudadanía tener impacto en el planteamiento e implementación de políticas para solucionar un problema o mejorar sus condiciones de vida. Como la define WOLA, “la incidencia política son los esfuerzos de la ciudadanía organizada para influir en la formulación e implementación de las políticas y programas públicos, a través de la persuasión y la presión ante autoridades estatales, organismos financieros internacionales y otras instituciones de poder” (WOLA, 2005, p. 21). Se trata de un proceso acumulativo, que se compone de una serie de actividades que al articularse, permiten a la ciudadanía influir en los procesos de toma de decisiones (WOLA, 2005).

Finalmente, la definición de **empoderamiento** que se considera en esta investigación apunta a lo señalado por Aguayo & Lamelas, (2012), como una acción la cual demuestra que “la autoridad y la habilidad se ganan, se desarrollan, se toman o se facilitan” (Aguayo & Lamelas, 2012, p. 124). Esta definición de empoderamiento resulta importante para comprender más adelante, los resultados de la experiencia colectiva de esta investigación.

Estrategia metodológica

Una aplicación de ciencia ciudadana para el monitoreo de la calidad de aguas superficiales:

Esta investigación desarrolló un enfoque de ciencia ciudadana para monitorear la calidad de las aguas superficiales en la cuenca del río Tres Amigos (figura 2). Por medio del proyecto CHILD-B8276 (del Espacio Universitario de Estudios Avanzados de la Universidad de Costa Rica), se contó con un equipo básico para la medición en campo de parámetros de calidad del agua (Low Cost Water Monitoring Earth Force® - 3-5886) y una aplicación móvil para el registro y la visualización de los datos (Monitoreo de Agua).

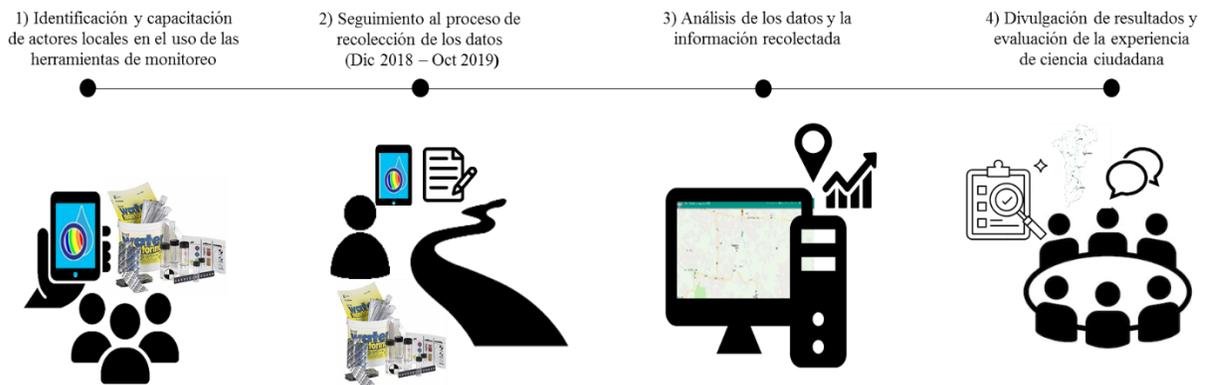


Figura 2: Esquema del abordaje metodológico. 1) Capacitación de los participantes en el uso de las herramientas de monitoreo, 2) Seguimiento al proceso de recolección de los datos, 3) Análisis de los datos recolectados y 4) Devolución y evaluación de resultados por medio de talleres. Elaboración propia.

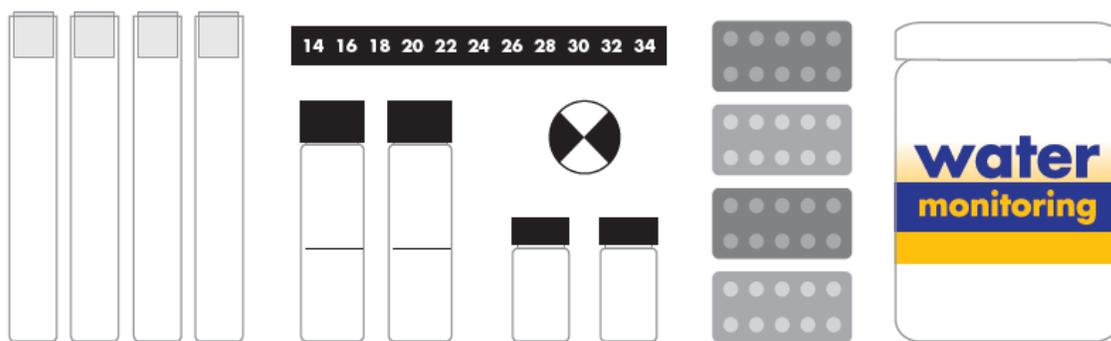
- **Low Cost Water Monitoring (Earth Force® - 3-5886):**

Este es un equipo para el monitoreo de calidad del agua el cual se escogió por su bajo costo y facilidad para utilizarse, atendiendo la necesidad señalada por la literatura con respecto a equipos accesibles para utilizarse en ciencia ciudadana con enfoque hidrológico (Buytaert et al., 2014; Jollymore et al., 2017). El equipo incluye una serie de herramientas que permiten realizar diez repeticiones de pruebas rápidas y en campo para la medición de ocho parámetros básicos de calidad de agua: presencia de coliformes fecales, oxígeno disuelto (porcentaje y ppm), demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, fosfatos (ppm) y pH (tabla 1). Además de esto, las herramientas de este equipo permiten la medición ilimitada de la temperatura (°C) y turbidez (JTU) del agua.

La forma en la que este equipo permite obtener resultados de estas mediciones es por medio de un proceso de colorimetría (figura 3b). El equipo cuenta con tabletas (reactivos) correspondientes a cada una de las pruebas, las cuales se agregan a la muestra de agua y se agita para mezclarlas. Este proceso de colorimetría ocurre debido a que la absorción del color depende proporcionalmente de las sustancias químicas encontradas dentro de la muestra, la concentración de ciertos químicos puede determinarse comparando la muestra coloreada con un color de referencia (IEEE GobalSpec, 2020). La figura 3 muestra los colores y sus resultados de referencia para cada una de los parámetros medidos con este equipo.

<i>Parámetros de calidad del agua</i>	<i>Unidades</i>
Coliformes fecales	Presencia (positivo o negativo)
Oxígeno disuelto	% / ppm
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	ppm
Nitratos	ppm
Fosfatos	ppm
pH	
Temperatura	°C
Turbidez	JTU

Tabla 1: Parámetros de calidad del agua medidos con el Low Cost Water Monitoring Kit (Earth Force® - 3-5886). Fuente: Elaboración propia.



a)

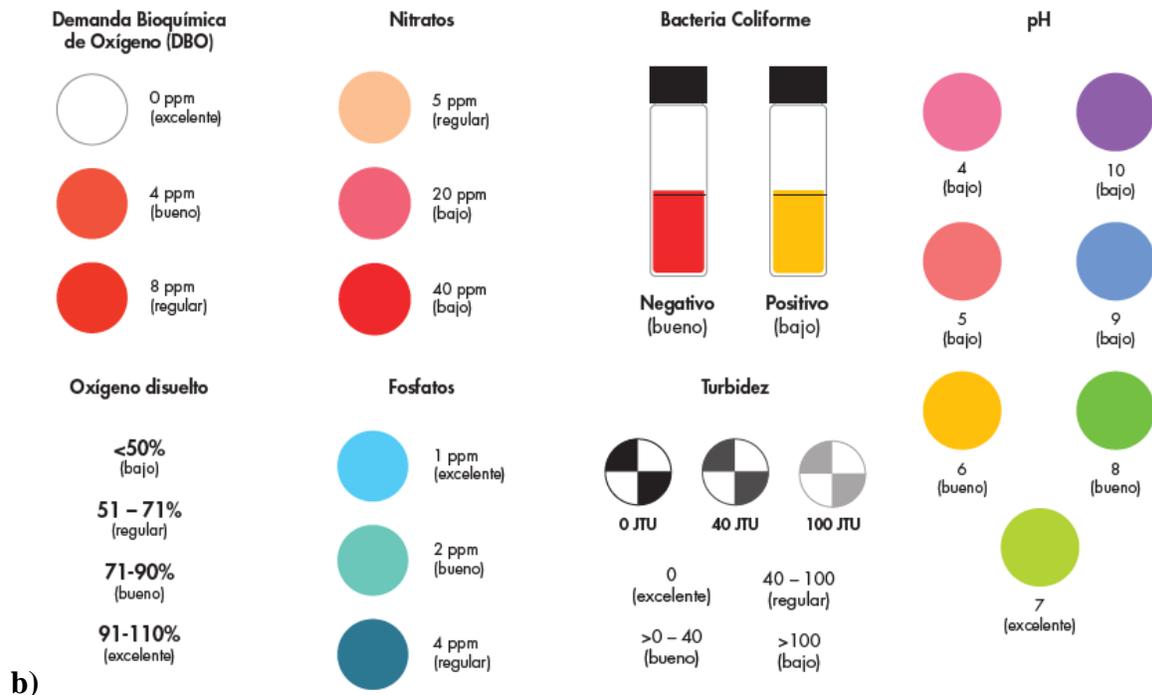


Figura 3: a) Componentes del Low Cost Water Monitoring Kit (tabletas y frascos para la recolección de muestras de agua). b) Resultados obtenidos al aplicar las tabletas respectivas para cada una de las pruebas de calidad del agua. Fuente: Karen Pérez (OACG, 2019).

- **Aplicación Monitoreo de Agua:**

Esta es una aplicación móvil para los sistemas operativos Android de Google® y diseñada para este proyecto por el informático de la Universidad de Costa Rica, Javier Vásquez Morera (Vásquez et al., 2018; Vásquez-Morera, 2019), la cual permite el registro y visualización de los datos ingresados. La aplicación tiene un componente móvil en el cual se ingresan datos generales del usuario, resultados de los parámetros de calidad de agua medidos, fotos del sitio de muestreo y coordenadas geográficas que permiten la georreferenciación de los datos ingresados (figura 4). Los usuarios de esta aplicación pueden visualizar y consultar todos los datos ingresados y hacer comparaciones de los resultados obtenidos en cada uno de los puntos de muestreo. La aplicación también cuenta con un componente web en el cual es posible además de visualizar los datos, consultar y generar gráficos con series de tiempo de los parámetros medidos en cada punto de muestreo.

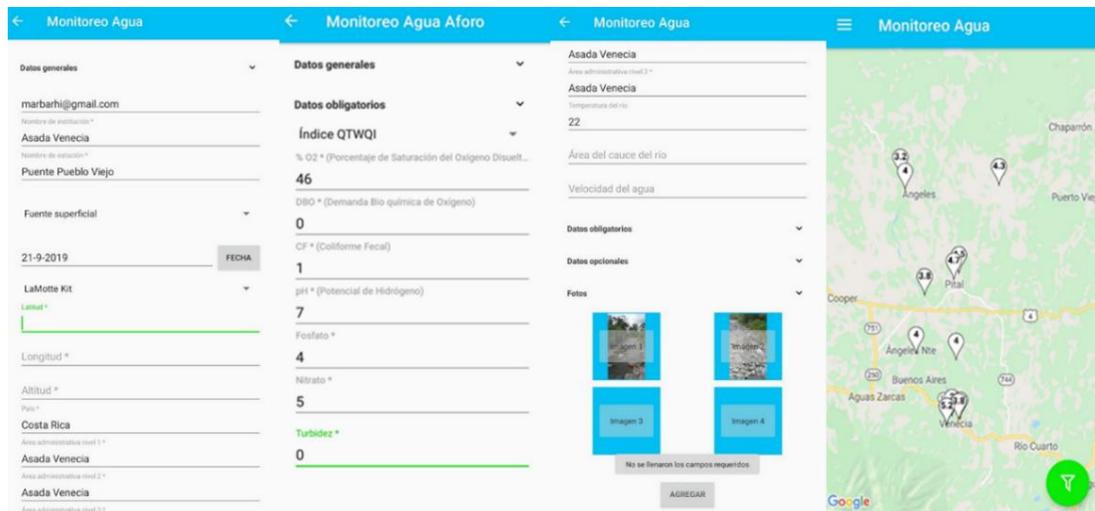


Figura 4: Visualización del ingreso y registro de los datos en la Aplicación Monitoreo de Agua. Elaboración propia.

Organización y capacitación de las (os) participantes:

Para iniciar la implementación del uso de las herramientas mencionadas, primero se buscaron los participantes para el proyecto. La selección inicial se hizo por conveniencia y posteriormente por efecto “bola de nieve”. Primero se realizó la identificación y la consulta a actores clave en las comunidades, contactando a grupos organizados como: Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ASADAS), Asociaciones de Desarrollo Integral (ADI) y organizaciones ambientalistas de las comunidades de Venecia y Pital de San Carlos. Las personas fueron informadas sobre el proyecto y su metodología, y se les consultó su interés en participar de este. Una vez que las personas mostraron intención de participar en el proyecto, se les solicitó identificar y definir la ubicación de los puntos de muestreo de su interés. Posteriormente, se programaron visitas a campo a los sitios seleccionados por los participantes para realizar las capacitaciones en el uso de ambas herramientas (Low Cost Water Monitoring Kit y la aplicación móvil Monitoreo de Agua). Las capacitaciones se llevaron a cabo de manera individual y consistieron en el uso en campo de ambas herramientas, de manera que cada participante recibió una explicación y demostración del uso de las herramientas, generando de esta forma los primeros datos recolectados (imagen 1).



Imagen 1: Capacitaciones en el uso del Low Cost Water Monitoring Kit. Pital, San Carlos. 2019. Fuente: OACG.

Para el uso del Low Cost Water Monitoring Kit fue necesaria más de una prueba en campo (solicitada por los participantes) para asegurar más allá del uso correcto de este, que cada uno de ellos sintiera confianza de usar el equipo. Durante el período de monitoreo, en algunos casos se perdieron pastillas utilizadas como activos para realizar las pruebas, sin embargo, todos los datos generados estuvieron completos, es decir; todas las pruebas de calidad del agua fueron realizadas en cada uno de los muestreos llevado a cabo por los participantes.

Por otro lado, para el uso de la aplicación fueron necesarias constantes actualizaciones de la herramienta, y el ingreso de los datos en pocos casos fue constante o fue realizado por el participante sin acompañamiento. Debido a esta situación, la hoja utilizada para el registro de los datos en cada muestreo sirvió de respaldo para ingresar los datos posteriormente en la aplicación (tabla 3).

Tanto para el uso de la aplicación Monitoreo de Agua como del Low Cost Water Monitoring Kit, además de ser necesarias sesiones de acompañamiento con cada participante, fue necesaria la elaboración de manuales simplificados para ambas herramientas de acuerdo a las observaciones hechas en campo (anexo 1).

Caracterización de los puntos de muestreo:

El monitoreo se desarrolló en nueve puntos distribuidos a lo largo de la cuenca (figura 5) a cargo de miembros de las Asadas de Venecia y Veracruz de Pital, las Asociaciones de Desarrollo Integral de Pital y Venecia, organizaciones ambientalistas de Pital, así como personas de la comunidad de Venecia que no pertenecen a ninguna organización de base comunitaria. Estos puntos se ubicaron en sitios asociados a diversos usos de la tierra tales como bosque, pastos, centros urbanos y monocultivo de piña (tabla 2). Los participantes escogieron puntos que les interesaron no solo por su fácil acceso (como los ubicados dentro de sus fincas o en puentes), sino también por su cercanía a focos de contaminación conocidos

como el centro urbano de la comunidad de Pital (punto 6) o áreas dedicadas al monocultivo de piña (punto 5). La mayoría de los puntos se mantuvieron desde el inicio del monitoreo, en casos como el punto 4 se debió cambiar ligeramente la ubicación, ya que en la época lluviosa el acceso a este se dificultó. Mientras que en otro caso (cerca de la comunidad de El Saíno), los participantes no continuaron realizando el monitoreo.

Sitio de muestreo	Ubicación/Comunidad	Altitud (m.s.n.m)	Participante a cargo	Uso de la tierra
1	Venecia	452	Miembro de la comunidad (ganadero)	Bosque-pastos
2	Venecia	411	Asada Venecia	Pastos
3	Venecia	266	Asada Venecia	Piña-pastos
4	Venecia	197	Miembro de la comunidad (ganadero)	Piña-bosque
5	Pital	167	Pital Verde	Piña
6	Pital	153	ADI Pital	Urbano
7	Pital	77	Pital Verde	Piña
8	Pital	73	ADI Pital	Piña
9	Pital	95	Asada Veracruz	Urbano-piña

Tabla 2: Características de los puntos de muestreo (ubicación, altitud, participante a cargo y uso de la tierra predominante). Elaboración propia.

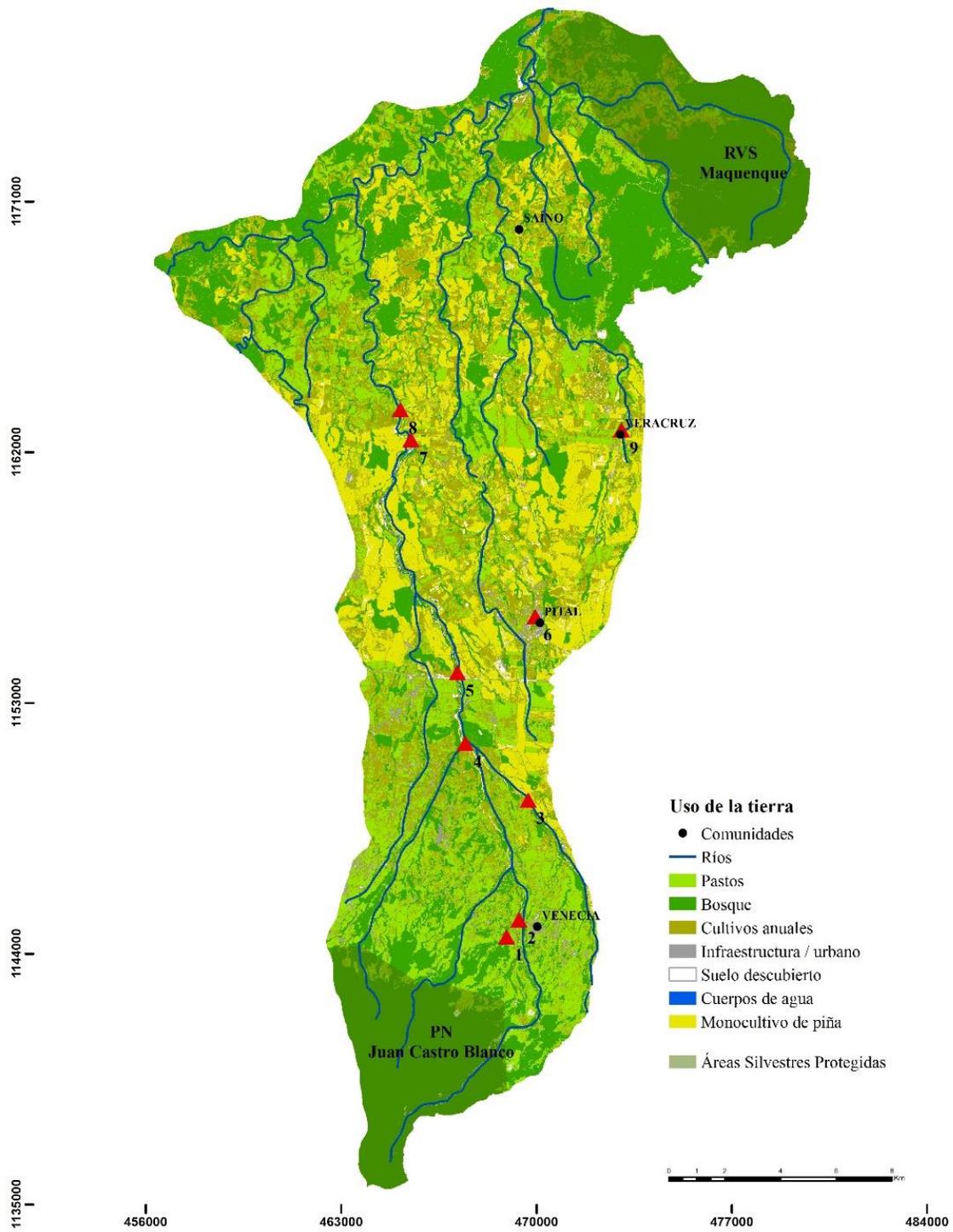


Figura 5: Ubicación y distribución de los puntos de muestreo a lo largo de la cuenca del río Tres Amigos. Elaboración propia.

Recolección de los datos:

Una vez realizadas las capacitaciones con cada uno de los participantes, el monitoreo dio inicio en diciembre 2018 con ocho participantes y se extendió hasta octubre 2019 con trece participantes, pertenecientes a cinco organizaciones comunales así como personas de las comunidades que no pertenecen a alguna organización de base comunitaria. El monitoreo se realizó en nueve sitios distribuidos a lo largo de la cuenca (cuenca alta, media y baja).

Cada uno de los participantes contó con un Low Cost Water Monitoring Kit, el cual utilizó para las mediciones de calidad del agua en los puntos de muestreo correspondientes. Debido a que dos de las pruebas requieren una incubación de la muestra de agua de tres a cinco días (coliformes fecales y demanda bioquímica de oxígeno), se utilizó una hoja de registro de datos (tabla 3) que fue completada por los participantes durante cada uno de los muestreos. Una vez completadas todas las mediciones con sus respectivos resultados, los participantes ingresaron los datos en la aplicación Monitoreo de Agua.

Ciencia ciudadana para la generación de información sobre calidad del agua en la cuenca del río Tres Amigos.

<i>Datos generales</i>	
Nombre participante	
Sitio de muestreo	
Longitud	
Latitud	
Altitud	
Fecha de muestreo	
Hora de muestreo	
<i>Mediciones con el kit Water Monitoring</i>	
<i>Prueba</i>	<i>Resultado</i>
Temperatura	°C
Turbidez	JTU
Oxígeno disuelto (%O ₂)	ppm
Nitratos	ppm
Fosfatos	ppm
pH (Potencial de hidrógeno)	n/a

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	<i>ppm</i>	
Presencia de coliformes (CF)	<i>1 (sí)</i>	<i>2 (no)</i>
Notas: anotar aquí observaciones durante el muestreo.		

Tabla 3: Guía para el registro de los resultados obtenidos mediante las mediciones con el Low Cost Water Monitoring Kit. Elaboración propia.

Proceso de acompañamiento y seguimiento:

Durante el proceso de monitoreo se tuvo una comunicación constante con los participantes. Se brindó acompañamiento y seguimiento no solo por medio de visitas a campo durante la recolección de datos (al menos dos visitas con cada participantes en todo el período de monitoreo) sino también vía telefónica (al menos cada dos semanas) para darle seguimiento a sus experiencias de monitoreo y a los datos recolectados. Además, se realizaron dos talleres en marzo 2019, uno en Pital y otro en Venecia de San Carlos (imagen 2), en los cuales se reunieron todos los participantes en sus respectivas comunidades, para compartir las experiencias así como los resultados obtenidos hasta ese momento (tabla 4). Durante este proceso, también se llevó un registro documentado (libreta de notas) de los resultados de calidad del agua generados por cada participante, las experiencias de cada uno a lo largo del proceso, así como las experiencias grupales de los talleres.

Comunidades	Fecha y lugar	Descripción	Resultados
Pital, San Carlos	07 de marzo / 9:00 / Biblioteca Pública	En estos taller se reunieron los participantes del monitoreo en sus respectivas comunidades. Se discutieron los conceptos de cuenca hidrográfica y ciencia ciudadana, se repasaron las personas involucradas y sus respectivos puntos de muestreo y se compartieron los resultados de calidad del agua obtenidos en cada uno de estos.	De manera general estos encuentros grupales permitieron compartir las experiencias de monitoreo hasta el momento, así como abarcar dudas sobre el uso de la aplicación. En el caso de la comunidad de Pital, los participantes discutieron ideas sobre conformar una “comisión de monitoreo” articulada a la ADI. Además, se discutió sobre problemáticas que estaban afectando en ese momento como la deforestación.
Venecia, San Carlos	07 de marzo / 18:00 / Edificio de la Asada de Venecia		

Tabla 4: Talleres realizados durante el proceso de monitoreo. Elaboración propia.



Imagen 2: Taller realizado el 07 de marzo 2019. Pital, San Carlos.

Validación de los datos:

Uno de los cuestionamientos a la ciencia ciudadana tiene que ver con la calidad de los datos que se generan debido a que en muchos casos, estos se obtienen con equipos y protocolos menos sofisticados que los que se utilizan en los laboratorios. En este sentido, la literatura evidencia de manera amplia la desconfianza que cierta parte de la comunidad científica, mantiene con respecto a los resultados que se obtienen por medio de esta práctica (Riesch & Potter; 2013; Shelton, 2013; Buytaert et al., 2014; Kimura & Kinchy, 2016; Alender, 2016; Njue et al., 2019) Por esta razón, se utilizó periódicamente una sonda multiparamétrica HI9829 (Hanna Instruments - <https://www.youtube.com/watch?v=yKvwrQytPA4>) en cada uno de los sitios de muestreo de esta investigación y al mismo tiempo que los participantes realizaron las mediciones con su equipo (imagen 3). En este caso se midieron parámetros como nitratos (ppm), oxígeno disuelto (porcentaje y ppm) y temperatura, con el fin de comparar la exactitud de los resultados obtenidos de este equipo con las mediciones realizadas por los participantes con el Low Cost Water Monitoring Kit. De esta forma, estas mediciones en conjunto tuvieron como objetivo validar la exactitud y utilidad de los datos obtenidos con el Low Cost Water Monitoring Kit, para realizar una caracterización general de la calidad del agua del río Tres Amigos.



Imagen 3: Utilización de la sonda multiparamétrica y el Low Cost Water Monitoring Kit, setiembre 2019. Pital, San Carlos.

Entrevistas individuales:

Con el fin de evaluar la experiencia individual de los participantes y recibir realimentación del proceso, al finalizar el monitoreo cada uno de ellos completó un instrumento de evaluación (anexo 2). En este instrumento, se incluyeron preguntas sobre datos personales del participantes, acerca del nivel de dificultad y utilidad de las herramientas empleadas para realizar las mediciones, la motivación que tuvieron en participar, su interés en continuar participando, opiniones respecto a su experiencia y aprendizaje con la participación en este proyecto, así como sus recomendaciones para mejorar la metodología implementada.

Taller final:

Se realizaron dos talleres finales en octubre 2019, uno en Venecia y otro en Pital de San Carlos (imagen 4). Los talleres tuvieron como objetivo compartir con los participantes los resultados de calidad de agua obtenidos con las mediciones que realizaron y llevar a cabo una evaluación grupal del proceso (tabla 5). Después de exponer los resultados, se abrieron espacios de discusión. Primero se discutió sobre los resultados de calidad del agua y las experiencias de monitoreo de cada uno de los participantes. Luego se plantearon preguntas clave con el fin de realizar una evaluación grupal del proceso, y finalmente; se propuso la elaboración de productos específicos con los resultados de calidad del agua obtenidos (anexo 3).

Actividad	Objetivo
Evaluación y recopilación de experiencias Preguntas clave: ¿cuál fue la motivación para participar? ¿Cuáles son los principales aprendizajes? ¿Cuáles fueron las principales dificultades? (respecto a las herramientas y el monitoreo) ¿Cuáles son las oportunidades de mejora?	Compartir, evaluar y recopilar la experiencia de monitoreo de manera grupal.
Discusión grupal de la actividad anterior. Preguntas clave: ¿cómo esto contribuye para la toma de decisiones o cómo tendría que ser para que contribuya? ¿Qué decisiones tomarían con base en estos resultados?	Discutir las experiencias de monitoreo y las posibilidades de esto para la toma de decisiones.
Discusión sobre devolución de resultados. Preguntas clave: ¿cómo devolver los resultados? ¿Cuál es la opción más útil para cada uno?	Discutir sobre opciones útiles para la devolución de resultados. Definir y acordar opción.

Tabla 5: Guía de preguntas para los espacios de discusión en los talleres finales. Elaboración propia.



Imagen 4: Taller final realizado en Pital y Venecia de San Carlos respectivamente. Octubre 2019.

Capítulo II Resultados del proceso de recolección de datos

Recolección de los datos:

Durante diciembre 2018 y setiembre 2019 los trece participantes realizaron las mediciones en los puntos seleccionados por cada uno de ellos. La figura 6c muestra que las mediciones no se realizaron en todos los sitios de manera regular. Marzo, abril y julio fueron los meses en los que se recolectaron muestras en la mayoría de los puntos, mientras que mayo, junio y agosto fueron los meses con menos participación y datos generados. De acuerdo al registro de los datos ingresados, los puntos con mayor cantidad de mediciones estuvieron a cargo de las Asadas de Venecia y Pital (2 y 9), en los cuales se realizaron siete mediciones, mientras que en los puntos 5, 6 y 7 solo se realizaron tres mediciones durante todo el período de monitoreo (figura 6b). Aunque los puntos 5 y 7 tienen un bajo número de mediciones, el interés y el involucramiento de las organizaciones ambientalistas de la comunidad de Pital se manifestaron de otras formas durante el proceso, las cuales se mencionarán más adelante en la sistematización de la experiencia.

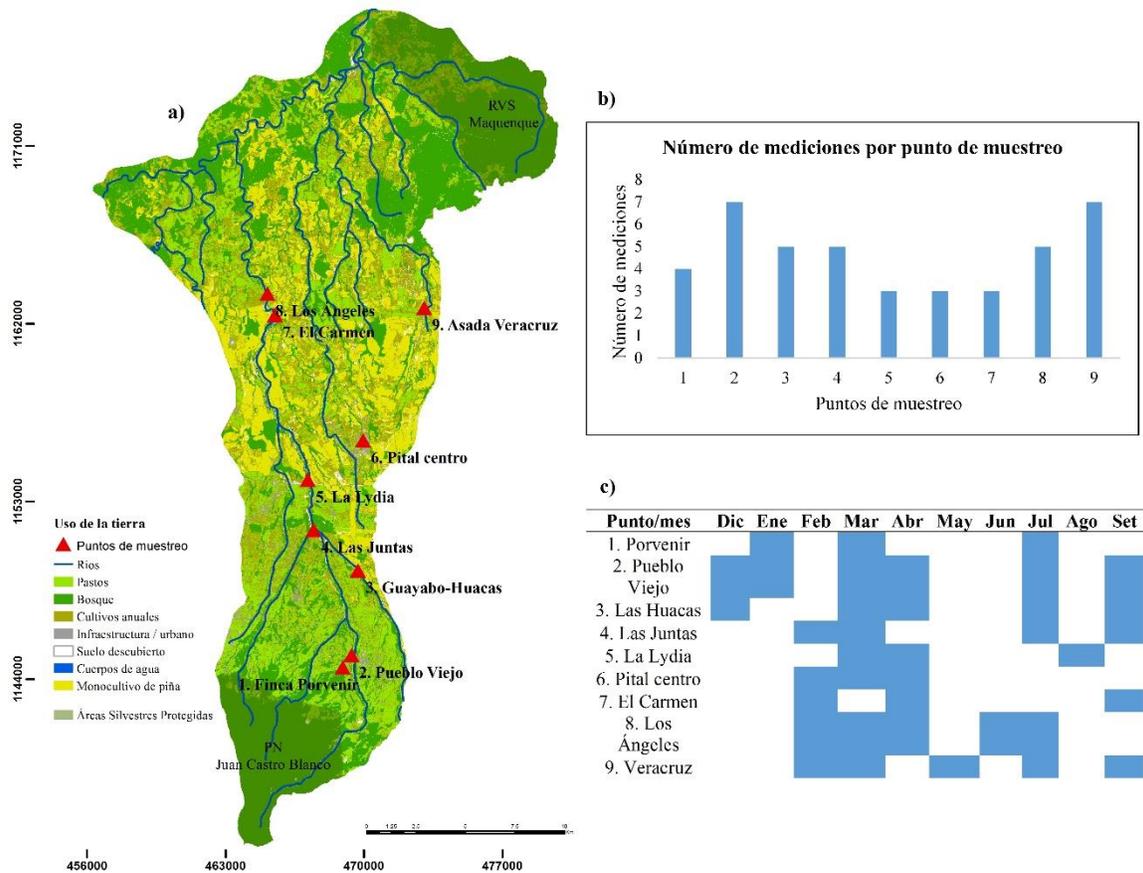


Figura 6: a) Representación de uso de la tierra y distribución de los puntos de muestreo en la cuenca del río Tres Amigos. b) Número de mediciones realizadas en cada punto de muestreo. c) Los cuadros azules señalan los meses en los cuales se realizaron mediciones en cada punto de muestreo. Elaboración propia.

Calidad de las aguas superficiales:

La tabla 6 muestra los promedios de cada parámetro obtenidos en cada sitio de muestreo durante todo el período de monitoreo. Cabe resaltar que en términos espaciales, la gradiente topográfica y la cobertura de la cuenca, tienen relación con el comportamiento observado de ciertos parámetros como la temperatura, la turbidez o el porcentaje de oxígeno disuelto. Estos resultados permiten observar algunos comportamientos puntuales de acuerdo a cada parámetro:

- En todos los puntos de muestreo la presencia de coliformes fecales dio positivo.
- La demanda bioquímica de oxígeno (DBO), presencia de coliformes fecales y pH se mantuvieron constantes en el tiempo de monitoreo y en todos los sitios monitoreados a lo largo de la cuenca.

- Los valores de nitratos reportados son de 5ppm, a excepción del punto de muestreo ubicado en Veracruz, donde el promedio reportado de este parámetro fueron 20ppm.
- Los valores de temperatura muestran el comportamiento esperado debido a la gradiente altitudinal; un incremento desde cuenca alta a cuenca baja, mientras que el porcentaje de oxígeno disuelto también refleja un ligero incremento siguiendo este mismo patrón espacial (figura 7).
- Los fosfatos muestran una variabilidad a lo largo de toda la cuenca, en donde las mayores concentraciones se observaron en los puntos de muestreo 5 y 7 (figura 7).

Sitio de muestreo	TEMP (°C)	TURB (JTU)	OD (%)	OD (ppm)	DBO	NIT (ppm)	FOS (ppm)	pH	Coliformes fecales
1	22	0	46	4	0	5	1	7	Positivo
2	23	0	44	4	1	5	2	7	Positivo
3	24	30	48	4	0	5	1	7	Positivo
4	26	40	48	4	0	5	2	7,5	Positivo
5	25	0	32	3	0	5	4	7	Positivo
6	26	27	49	4	0	5	2	7	Positivo
7	29	40	52	4	0	5	4	7	Positivo
8	26	40	49	4	0	5	1	7	Positivo
9	27	40	50	4	0	20	2	7	Positivo

Tabla 6: Promedios de los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros de calidad del agua medidos con el Low Cost Water Monitoring Kit (Earth Force® - 3-5886). Elaboración propia.

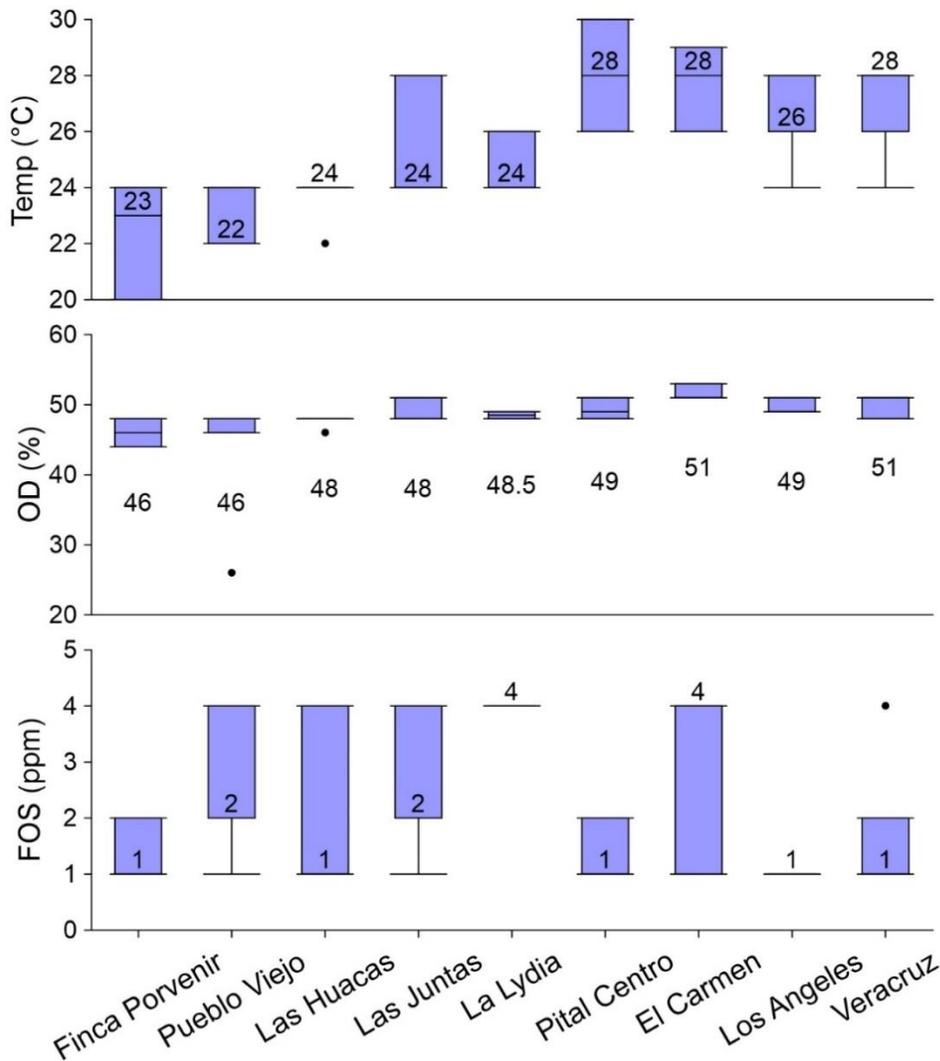


Figura 7: Diagramas de caja que representan los valores de los parámetros: a) temperatura (°C), b) oxígeno disuelto (%) y c) Fosfatos (ppm) en los puntos de muestreo. Las cajas muestran la mediana y 1,5 veces el rango del intercuartil, los bigotes indican los percentiles 5/95 y los círculos representan los valores atípicos. Fuente: Elaboración propia con colaboración de Alicia Correa (OACG, 2020).

De acuerdo al manual del Low Cost Water Monitoring Kit (Earth Force® - 3-5886), los resultados obtenidos se mantienen en rangos regulares-buenos de calidad del agua aceptados en aguas superficiales. Los valores de demanda bioquímica de oxígeno, pH y turbidez se consideran buenos o excelentes de acuerdo a este manual. Si bien la mayoría de los resultados para fosfatos se consideran buenos, los resultados de 4ppm son regulares al igual que los resultados obtenidos en nitratos en todos los puntos de muestreo. En el caso del porcentaje

de oxígeno disuelto, la mayoría de los resultados se encuentran por debajo del 50%, lo cual se considera bajo, según el manual de esta herramienta.

Uso de la sonda multiparamétrica:

El uso de la sonda multiparamétrica permitió hacer una comparación en campo de los resultados obtenidos para parámetros como el porcentaje de oxígeno disuelto, la temperatura y la presencia de nitratos. Como lo muestran los gráficos 1 y 2, las mediciones de oxígeno disuelto y temperatura realizadas con ambas herramientas muestran tendencias similares. Sin embargo, en el gráfico 3 se observa una clara diferencia en las mediciones de ambas herramientas con respecto a este parámetro.

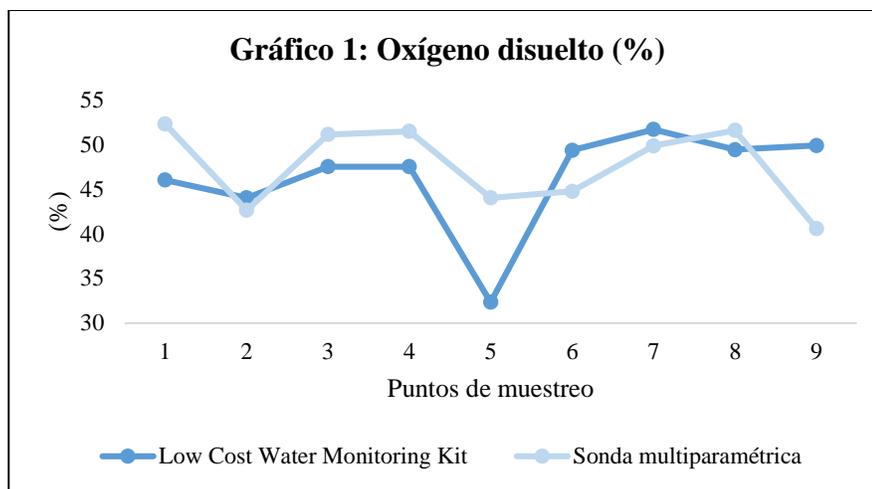


Gráfico 1: Comparación entre el promedio de valores de oxígeno disuelto obtenidos con el Low Cost Water Monitoring Kit y la sonda multiparamétrica. Elaboración propia.

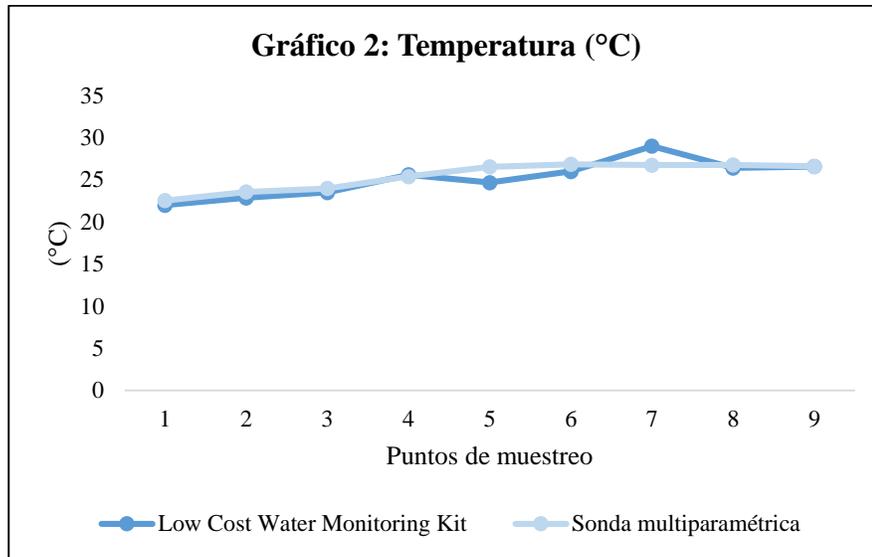


Gráfico 2: Comparación entre el promedio de valores de temperatura obtenidos con el Low Cost Water Monitoring Kit y la sonda multiparamétrica. Elaboración propia.

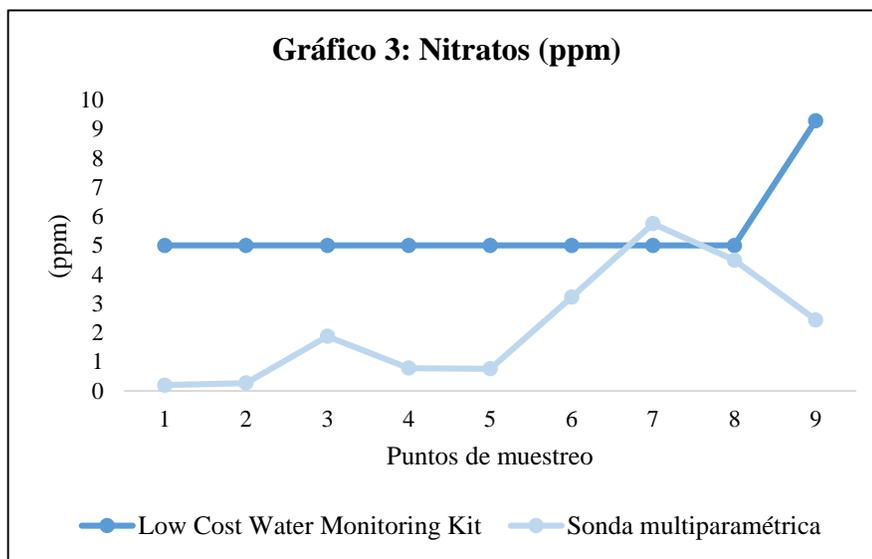


Gráfico 3: Comparación del promedio de valores de nitratos obtenidos con el Low Cost Water Monitoring Kit y la sonda multiparamétrica. Elaboración propia.

Si bien la exactitud de los datos de calidad del agua obtenidos no es un aspecto central del análisis que guía esta investigación, es importante mencionar algunas de sus particularidades respecto a esta experiencia. La literatura que se encuentra relacionada a ciencia ciudadana y calidad del agua demuestra que para algunos de estos casos la metodología implica la participación de personas de las comunidades en la recolección de muestras para ser analizadas posteriormente en laboratorios. Otra de las formas de participación, es mediante el uso de algunos equipos sencillos para hacer mediciones sobre calidad del agua en los

puntos de muestreo. Como ya se ha mencionado anteriormente, una parte de estas investigaciones se centran en analizar la exactitud de estos datos comparándolos con mediciones hechas con tecnología de mayor precisión. Algunas de estas comparaciones han demostrado que la medición de ciertos parámetros como la temperatura o el pH, no presentan una diferencia significativa en la exactitud de los datos, mientras que otros sí presentan diferencias considerables como lo es el caso del oxígeno disuelto (Shelton, 2013).

Muchos de los esfuerzos por validar los datos que se generan por medio de esta práctica se relacionan con una desconfianza de cierta parte de la comunidad científica sobre la calidad de estos datos (Riesch & Potter, 2014; Kimura & Kinchy, 2016; Kimura & Kinchy, 2019). Pero más allá de esto, resulta importante también que estos datos sean “legitimados” como se mencionará más adelante, por métodos estandarizados y aceptados en los espacios de tomas de decisiones (Kimura & Kinchy, 2019).

Los resultados de esta investigación se derivan de la utilización de un equipo sencillo el cual fue utilizado por los participantes de manera exitosa, y que no requiere de un protocolo elaborado para la generación e interpretación de datos sobre la calidad del agua. Esto concuerda con lo señalado por Buytaert et al. (2014) y Njue et al. (2019), respecto a cómo recientemente existen herramientas más accesibles que facilitan el monitoreo participativo y en campo de variables hidrológicas.

La comparación de los resultados medidos con este equipo y los que se obtuvieron con la sonda multiparamétrica, se vuelve necesaria ya que las mediciones que se realizan en campos como la Hidrología, requieren de determinada exactitud para ser consideradas posteriormente en aplicaciones como modelado hidrológico. En el caso de los resultados de esta investigación, la comparación de estos datos permite observar tendencias similares en el comportamiento de parámetros como el oxígeno disuelto y la temperatura (gráficos 1 y 2). Mientras que en el caso de los nitratos sí se observó una diferencia significativa entre las mediciones (gráfico 3). Las características del equipo utilizado por los participantes y los resultados que se obtuvieron permiten dar una explicación a esta diferencia. Mientras que el Low Cost Water Monitoring Kit tiene una sensibilidad mínima a 5ppm en las concentraciones de nitratos, la sonda multiparamétrica permite medir valores inferiores a 5ppm por lo que los datos obtenidos con esta se acercan más a los valores reales de nitratos presentes en estos puntos.

Sin embargo, aún con estas diferencias el uso de este equipo ha resultado útil para el monitoreo de estos parámetros básicos, y ha permitido una caracterización general de la calidad de las aguas superficiales en la cuenca del río Tres Amigos.

Además de esta caracterización general, los resultados que se obtienen utilizando equipos básicos, funcionan de cierta manera como “sistemas de alerta”. Los resultados obtenidos permitieron identificar puntos del río en los cuales deberían realizarse análisis de calidad del agua con mayor profundidad. Este es el caso de algunos puntos como el 5 o 9 ubicados en la cuenca (figura 6), en el cual los valores de fosfatos y nitratos indican la necesidad de realizar otro tipo de monitoreo, o uno más exhaustivo para determinar el nivel de concentración real

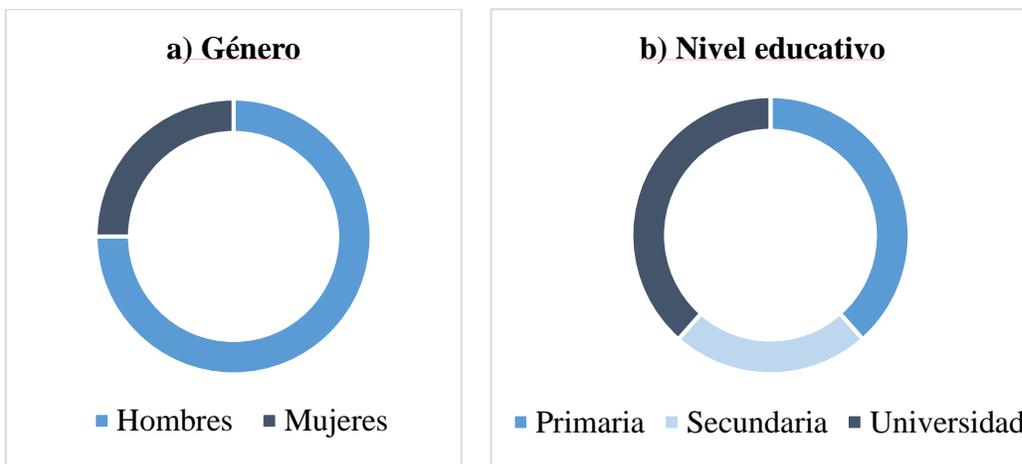
de estos, así como las posibles causas de su presencia, la cual podría estar relacionada con un escurrimiento particular.

Resultados de las evaluaciones individuales del proceso con los participantes:

- Perfil de las y los participantes:

Por medio de las entrevistas realizadas al final de proceso, se obtuvo información sobre algunas características del perfil de las y los participantes. Estos comprendieron edades entre los 28 y 62 años con niveles de educación primaria, secundaria y universitaria. De estos, la mayoría (70%) fueron hombres vinculados a las Asadas de Venecia y Veracruz de Pital (figura 8). La figura 8 muestra además, que la mayoría de los participantes se encuentran vinculados a alguna organización de base comunitaria como Asadas, Asociaciones de Desarrollo Integral u organizaciones ambientalistas locales.

Más allá de las características que refleja el la figura 8, esta investigación reunió personas interesadas por el agua con distintas experiencias alrededor de este recurso. Personas interesadas en conocer la calidad del agua de los ríos que atraviesan sus fincas, así como personas de la comunidad preocupadas por las afectaciones al ambiente causadas por el monocultivo de piña. Una Asociación de Desarrollo Integral, interesada en atender las numerosas quejas de la comunidad debido a las afectaciones ambientales de la actividad piñera. Y dos Asadas con experiencias que contrastan: la Asada de Veracruz se ha enfrentado directamente a la contaminación y el cierre de sus fuentes de agua subterránea, mientras que la Asada de Venecia, en una situación ambiental que no ha comprometido sus fuentes de agua, ha gestionado la distribución del agua de sus fuentes hacia la comunidad de Veracruz.



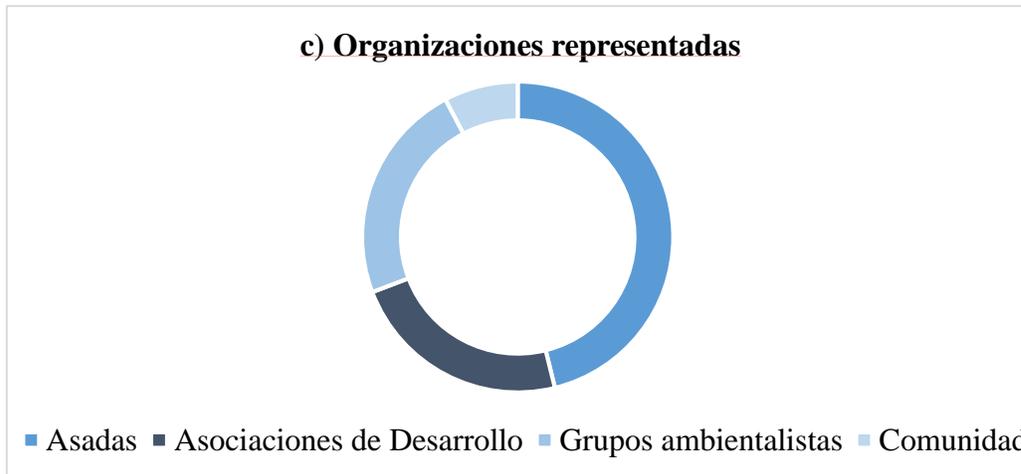


Figura 8: Perfil de los participantes de acuerdo a: a) género, b) nivel de educación y c) organizaciones a las cuales pertenecen los participantes. Elaboración propia.

- **Participación, tiempo y distancia:**

Uno de los aspectos que destacan en los resultados obtenidos, es que la recolección de los datos no se hizo de manera regular en todos los puntos de muestreo. La recolección de estos se diferenció entre los puntos pero también de acuerdo al perfil de los participantes. Los resultados de la evaluación de la experiencia demostraron que las razones para todos los casos por la cual no se recolectaron datos de manera mensual y regular fueron; **tiempo y acceso a los puntos.**

Win et al., (2019) señalan en su estudio que la cercanía con los puntos de muestreo y la relación directa de los participantes con el tema investigado, son factores importantes para asegurar el involucramiento y la continuidad en el monitoreo (p.12). En este sentido, la alta participación de las Asadas (evidente en la figura 6) puede relacionarse con lo que señalan estos autores, al tratarse de agrupaciones con un interés particular en el agua y que, a diferencia de los demás participantes, sus labores diarias se relacionan con este tipo de tareas de monitoreo. Además de ser las Asadas, el grupo más representativo con respecto a la cantidad de participantes del monitoreo (figura 8).

El tiempo y la distancia son dos elementos importantes de considerar en el marco del trabajo voluntario realizado por los participantes. En un contexto en el que se acuerda una participación voluntaria, factores como estos sin duda condicionarán el nivel y la frecuencia de la participación de las personas. Por esto como lo señala la literatura, las iniciativas que requieran de una participación con un alto nivel de compromiso y por largos períodos de tiempo para el cumplimiento de los objetivos, deben considerar en el diseño de la iniciativa, este tipo de factores que pueden influenciar el nivel de participación (Riesch & Potter, 2013).

A lo largo del proceso algunos participantes se retiraron mientras que otros se incorporaron, debido a estas dificultades asociadas al tiempo y la distancia con los puntos de muestreo. En este sentido, resulta importante destacar el rol que asumieron algunos de los participantes al motivar y capacitar ellos mismos a otras personas de la comunidad que se unieron al monitoreo. Esto permitió que algunos puntos continuaran siendo monitoreados a pesar de las condiciones limitantes de tiempo y distancia para los participantes a cargo. Esta experiencia demuestra ese “efecto multiplicador” (Storey et al., 2016 en Weeser et al., 2018) que puede provocar un monitoreo participativo, el cual no solo les permite conocer mejor de su entorno natural, sino que también ese conocimiento adquirido lo comparten con el resto de la comunidad y motivan a otras personas a involucrarse (Weeser et al., 2018). En este caso, los participantes demostraron estar apropiados de las herramientas y del proceso como tal, al capacitar a otras personas de la comunidad en el uso de estas herramientas, lo que permitió que el monitoreo y el conocimiento se expandiera a más personas de la comunidad.

- Uso de las herramientas de monitoreo:

De acuerdo a los resultados de las evaluaciones individuales, para los participantes el uso de las herramientas utilizadas en el monitoreo les resultó “muy fácil” o “fácil” en promedio (tabla 7, imagen 5). Esto se demostró en el buen uso que le dieron a las herramientas después de las capacitaciones con cada uno, pero también como se dijo anteriormente, al capacitar ellos mismos a otras personas de la comunidad en el uso estas herramientas y así involucrarlos en el proceso de monitoreo.

En este sentido, se dio una apropiación rápida del equipo para el monitoreo de la calidad del agua, mientras que el uso de la aplicación Monitoreo de Agua fue el que requirió mayor acompañamiento con los participantes, debido a las constantes actualizaciones que se le hicieron a lo largo del proceso. Por esta razón, en algunos casos los participantes no ingresaron los datos en la aplicación hasta no contar con el apoyo presencial de la investigadora (figura 9). Sin embargo, los participantes resaltaron en sus respuestas la utilidad de la aplicación móvil ya que les permite consultar y visualizar los datos generados por otros participantes en distintos puntos de la cuenca (tabla 7). Cabe resaltar además, que los participantes no hicieron uso del componente web de la aplicación y limitaron el uso de esta en sus celulares, a pesar de que conocían de la versión web de la aplicación (figura 10). Finalmente todos los participantes mostraron interés en continuar utilizando las herramientas, las cuales utilizan hasta el momento en sus propios proyectos de monitoreo.

<i>Pregunta</i>	<i>Respuesta</i>
1. Del 1 al 5, ¿qué tan difícil considera usted que fue la recolección de los datos con el equipo Low Cost Water Monitoring?	Respuesta promedio: 1.38, donde 1 es Muy fácil y 5 es Muy difícil.

5. Del 1 al 5, ¿qué tan difícil considera usted que fue el ingreso de los datos en la aplicación Monitoreo de Agua?

Respuesta promedio: 2.07, donde 1 es Muy fácil y 5 es Muy difícil.

6. Del 1 al 4, ¿qué tan útil considera la aplicación?

Respuesta promedio: 1.23, donde 1 es Muy fácil y 5 es Muy difícil.

Si la respuesta fue útil (1 o 2), ¿para qué la considera útil?

“Para saber el comportamiento del agua en la zona”.

“Por la facilidad de ubicar y conocer datos de los demás puntos”.

“Para tener una visión más general de los datos obtenidos”.

“Para llevar control de las muestras tomadas y los resultados. Así como observar los monitoreos de otros”.

“La facilidad para ver datos no solo de lo mío sino de los demás también”.

¿Le interesa continuar usando tanto el equipo como la aplicación? Sí No

Todos los participantes respondieron “Sí”.

Tabla 7: Respuestas obtenidas a partir de la evaluación individual realizada con cada uno de los participantes respecto al uso de las herramientas de monitoreo. A la pregunta 1 la mayoría de los participantes respondió “muy fácil”, a la pregunta 5 “fácil” y a la pregunta 6 “muy útil”. Se muestran además algunas respuestas dadas por los participantes respecto a la utilidad de la aplicación Monitoreo de Agua. Elaboración propia.



Imagen 5: a) Miembro de la Asociación de Desarrollo Integral de Pital recolectando muestras en el río Tres Amigos b) Miembros de la Asada de Venecia realizando pruebas con el Low Cost Water Monitoring Kit. Elaboración propia.

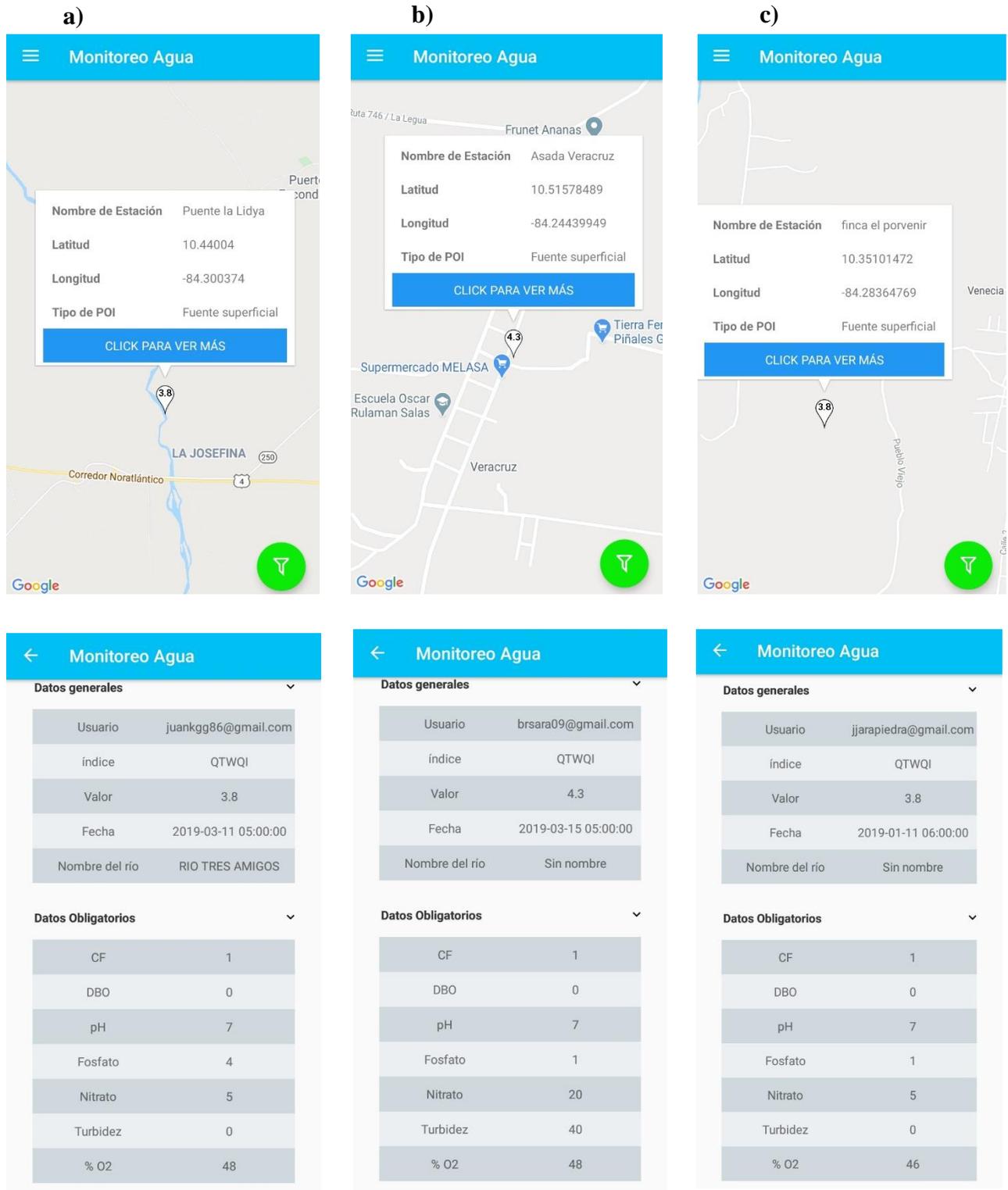


Figura 9: Visualización de los datos ingresados por los participantes en la aplicación Monitoreo de Agua. Los “datos obligatorios” corresponden a las mediciones hechas para

cada uno de los parámetros en la fecha que se observa en “datos generales”. a) Datos ingresados en el punto 5 de muestreo por la organización ambientalista de Pital, b) Datos ingresados en el punto 6 de muestreo por la investigadora y c) Datos ingresados en el punto 1 de muestreo por uno de los miembros de la comunidad de Venecia (dedicado a la ganadería). Elaboración propia.

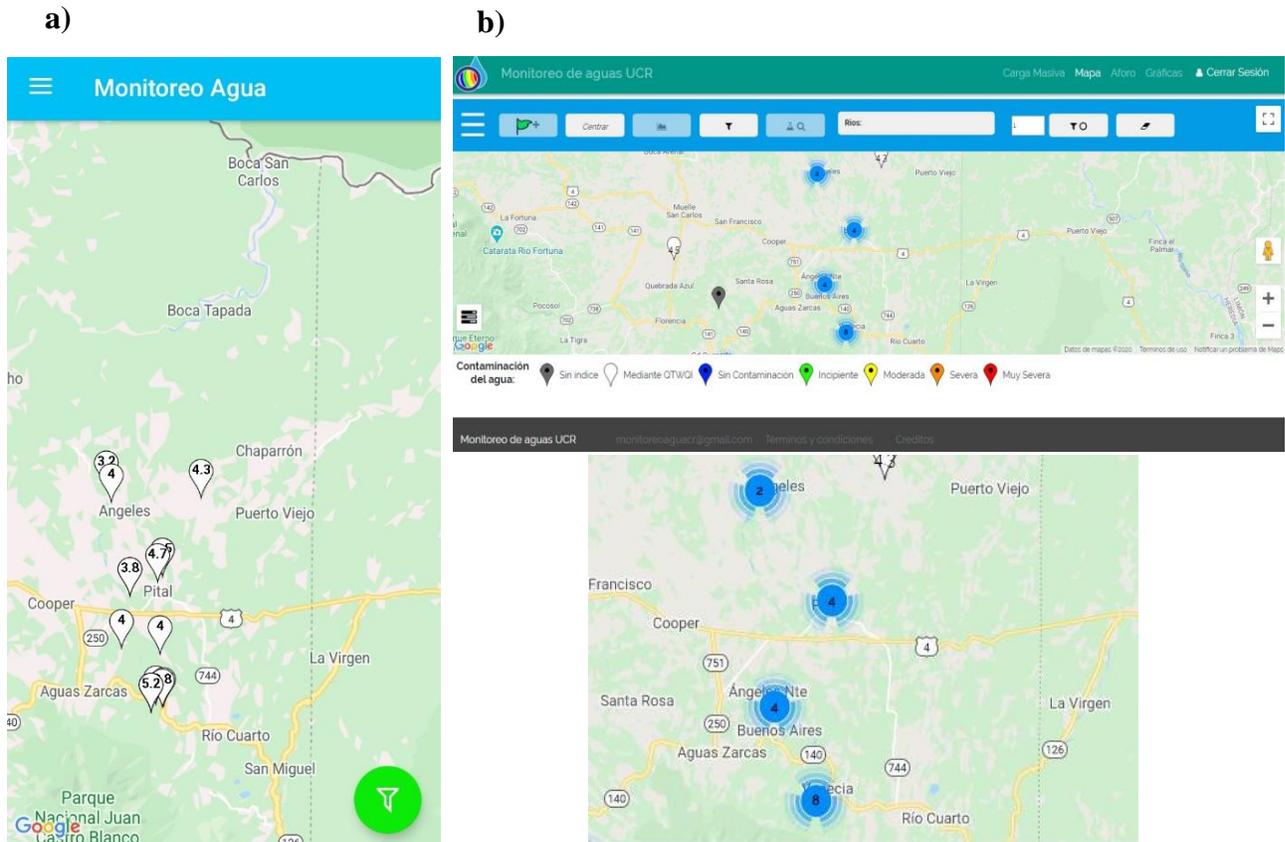


Figura 10: a) Visualización de la ubicación y distribución los datos en la aplicación móvil y b) Visualización de la ubicación y distribución de los datos en la aplicación web. Elaboración propia.

- **¿Qué les motivó a participar?:**

Aunque esta investigación no se centra en las razones que motivaron a los participantes a formar parte del proyecto, estas motivaciones son un elemento importante de considerar en un proceso de ciencia ciudadana (Alender, 2016).

Las respuestas a esta pregunta demostraron distintas preocupaciones e intereses de los participantes (tabla 8). En su mayoría las respuestas coinciden con el interés en conocer el estado actual de la calidad del agua de los ríos, pero también demuestran la preocupación ante la problemática de la contaminación, por lo que participar del monitoreo se consideró como una posibilidad de que este les permitiera obtener datos para la toma de decisiones.

Las respuestas coinciden con lo que se ha expuesto en la literatura acerca de las motivaciones que tienen los participantes al involucrarse en este tipo de iniciativas. Generalmente las personas que dependen de los recursos que se están estudiando tienden a mostrar mayor interés y compromiso en participar, como una forma de entender mejor su entorno pero también de obtener información que les sea útil para la toma de decisiones (Overdevest et al., 2004; Buytaert et al., 2014; Weeser et al., 2018). En el caso particular de la cuenca del río Tres Amigos, las implicaciones del conflicto socioambiental provocado por el monocultivo de piña en esta cuenca, se evidenciaron en la mayoría las motivaciones de los participantes a lo largo del proceso, aun cuando las mediciones realizadas no permitieran determinar el grado de contaminación o la presencia de plaguicidas en las aguas superficiales.

<i>Pregunta</i>	<i>Respuesta</i>
Por favor indique qué aspectos le motivaron a participar en este proyecto. Sea lo más detallado(a) que pueda en su respuesta.	<p>“Aunque no es competencia de la Asada (la calidad del agua de los ríos), es interesante como comunidad conocer el estado de los ríos”.</p> <p>“Para conocer cómo está el estado de nuestros ríos”.</p> <p>“Tener datos para trabajar en la concientización del problema y sus consecuencias”.</p> <p>“Saber el estado de los ríos de la zona, poder tomar decisiones”.</p> <p>“Conocer sobre el estado y calidad de las aguas de ríos y quebradas”.</p> <p>“Principalmente por la preocupación por la contaminación del agua y la experiencia de contaminación de nuestras fuentes”.</p> <p>“Me motivó básicamente la necesidad de conocer el estado real del río y pensar en encontrar una solución a futuro con los datos que podamos recopilar. Porque pretendemos y queremos como organización comunal las quebradas al 100%, y las personas puedan utilizarlas como algo lúdico, y que a simple vista se está viendo que están maltratadas pero no hay un estudio, no hay datos. Este monitoreo es como un primer paso para empezar a conocer el estado”.</p>

Tabla 8: Respuestas de algunos de los participantes sobre cuál fue su motivación en participar del monitoreo. Elaboración propia.

- **¿Qué se aprendió durante el proceso?:**

Un de las virtudes que se le reconoce a la ciencia ciudadana en la literatura es el alfabetismo científico (Kimura & Kinchy, 2016). Algunos estudios señalan que la educación es uno de los objetivos de esta práctica pero también puede ser un resultado de estas iniciativas, en las cuales los participantes aprenden sobre el objeto de estudio pero también sobre cómo utilizar ese conocimiento para comprender mejor las dinámicas ecológicas y las problemáticas ambientales (Overdevest et al., 2004; Kimura & Kinchy, 2016; Alender, 2016; Hecker et al., 2018; Kimura & Kinchy, 2019).

En este caso, los participantes señalaron que por medio de esta experiencia obtuvieron un mejor entendimiento de los componentes de la calidad del agua, sus implicaciones así como el proceso de medición que requieren estos parámetros de calidad del agua (tabla 9). Esto coincide con lo señalado por Alender (2016), sobre cómo este tipo de monitoreos participativos permite a quienes participan “aprender sobre problemas de calidad del agua, cómo sus acciones afectan el agua y qué se puede hacer para proteger los cuerpos de agua y la salud humana” (p.3), además de como se mencionó anteriormente; compartir este conocimiento con el resto de la comunidad (Overdevest, 2004 Storey et al., 2016; Weeser et al., 2018).

Una de las respuestas que se retomará más adelante bajo la reflexión de “aprendizaje social” (Kimura & Kinchy, 2016; Fernandez-Gimenez et al., 2008), destacó la experiencia colectiva como un aprendizaje del proceso, el cual dio la posibilidad a distintos actores de identificar una problemática común.

<i>Pregunta</i>	<i>Respuestas</i>
¿Qué aprendió durante el proceso?	<p>“Aprendí con respecto a nitratos y fosfatos, no tenía ni idea que eso existía. Que la participación ciudadana es necesaria en el proceso de cambio pero que no es fácil, hay muchas circunstancias que lo complican. Hay que idear estrategias para facilitar a las personas para que participen”.</p> <p>“Me llamó la atención que no se requiere un laboratorio especializado para identificar cosas que se pueden identificar con un proceso más casero, no tan técnico. Uno desconoce que eso se puede hacer con un equipo que se puede tener en la casa y contribuir con el monitoreo... A nivel comunitario podríamos tener elementos o que nos den fuerza o pruebas para elevar la voz a las instituciones y que atiendan la</p>

situación... Estos datos nos permiten mostrar a la comunidad lo que encontramos”.

“Pude aprender a que con esos componentes se puede medir la calidad del agua. Yo me imaginaba que eso solo en los laboratorios se hacía, que así en cualquier parte y en el propio río, se podía determinar cómo estaban las condiciones”.

“Aprendí que no es difícil tomar muestras y obtener resultados...Aprendí que el agua aunque se vea limpia no lo está, eso debería alertarse a la comunidad”.

“Que la contaminación del agua no se aprecia a simple vista por lo que el monitoreo es necesario”.

“De cómo está compuesta el agua y cómo se ve afectada por el cambio climático”.

“Que la experiencia conjunta permitió un encuentro y potenció la relación entre los diferentes grupos que participaron, los unió en una misma preocupación”.

Tabla 9: Respuestas de algunos de los participantes sobre cuál fue su mayor aprendizaje al participar del monitoreo. Elaboración propia.

- **Aspectos positivos de la experiencia:**

Las respuestas de los participantes coinciden con lo mencionado anteriormente sobre el alfabetismo científico además de la conciencia ambiental como una de las virtudes y resultados obtenidos por medio de la ciencia ciudadana (Kimura & Kinchy, 2016). Pero además de esto, las respuestas sugieren otra de las virtudes que se le reconoce a esta práctica, ya que permite un espacio inclusivo para la generación de conocimiento científico, en donde pueden darse relaciones de poder horizontales y no así las relaciones verticales tradicionales que generan diferencias entre científicos y personas de la comunidad (Kimura & Kinchy, 2016; Soleri et al., 2016).

Uno de los aspectos positivos que manifestaron los participantes del proceso, tiene que ver con el involucramiento directo que tuvo cada uno con en el proceso (tabla 10). Los participantes resaltaron la generación de los datos como una forma de adquirir conciencia sobre el estado de la calidad del agua, pero también como una forma de generar información útil para la toma de decisiones a nivel de sus organizaciones. Las respuestas en las tablas 9 y 10, evidencian cómo los participantes rescatan de esta experiencia el hecho de haber obtenido los datos por ellos mismos, pero además sin la necesidad de un laboratorio o equipo

sofisticado. En este sentido, también resulta importante lo mencionado por Kullenberg (2015) con respecto a cómo la ciencia ciudadana permite producir conocimiento científico fuera de las instituciones que tradicionalmente se relacionan con esta, (universidades, centros de investigación, laboratorios...) pero además puede “colapsar” esa distinción que se hace entre “la ciencia formal” y la que se considera “menos sistematizada”, haciéndolo de manera no solo participativa sino inclusiva (Kullenberg, 2015, p. 68).

<i>Pregunta</i>	<i>Respuestas</i>
¿Qué aspectos positivos resaltaría usted de este proyecto?	<p>“Facilitó a las comunidades la posibilidad de obtener datos sobre la calidad del agua y ser parte del proceso. Ubicó la calidad del agua como una preocupación que debe mantenerse en constante monitoreo”.</p> <p>“Se crea conciencia sobre el estado actual de los ríos”.</p> <p>“Lo más positivo fue que involucró a personas de la comunidad directamente y vimos los resultados por nosotros mismos”.</p> <p>“Me involucró directamente al mismo proyecto, no es igual ver a estudiantes o funcionarios de la UCR venir todo el tiempo a tomar muestreos, a que me pongan a mí a hacerlo, eso me gustó mucho”.</p> <p>“A mí me gusta la participación de los estudiantes, de las universidades y este apoyo comunitario, porque de lo contrario se desconocen de estas alternativas y quizá nunca lleguen a aquí. Llegan a nosotros (las universidades) a través de los estudiantes.</p> <p>“Que existen este tipo de proyectos, el kit es fácil de usar... esto nos abrió mucho el camino de lo que nosotros queremos hacer”.</p>

Tabla 10: Respuestas de algunos de los participantes sobre aspectos positivos que resaltaron de la experiencia. Elaboración propia.

- **¿Qué aspectos se podrían mejorar?:**

Uno de los aspectos por mejorar es la aplicación móvil utilizada para el registro de los datos. Debido a las constantes actualizaciones, los participantes no se apropiaron tan fácilmente de esta herramienta, como sí lo hicieron con el equipo para las mediciones de calidad el agua.

En este sentido, los participantes señalaron la necesidad de mejorar algunas de las funciones de esta aplicación para facilitar su uso. Los participantes también sugirieron cambiar la ubicación de algunos de los puntos de muestreo para asegurar así un monitoreo constante, o para conocer el estado de la calidad del agua en otras secciones del río. Finalmente, los participantes sugirieron la participación de otros sectores de la población como niños o de grupos organizados como los “Boy Scouts” (tabla 11).

<i>- Pregunta</i>	<i>Respuestas</i>
¿Qué aspectos de la manera en cómo se llevó a cabo este proyecto cree usted que se podrían mejorar?	<p>“Variar el punto de muestreo, más arriba en la cuenca”.</p> <p>“Considero que la aplicación no funcionaba bien. Buscar puntos de muestreo más accesibles”.</p> <p>“Mejorar la aplicación, edición de datos cargados”.</p> <p>“Extender el período de los muestreos”.</p> <p>“Más comités involucrados como niños, Boy Scouts...”</p>

Tabla 11: Respuestas de algunos de los participantes sobre aspectos que mejorarían de la experiencia. Elaboración propia.

Capítulo III Sistematización de la experiencia de ciencia ciudadana

En este apartado se presenta una reflexión de algunos aspectos relevantes de la experiencia, los cuales son importantes de resaltar con el fin de comprender sus particularidades y los aprendizajes obtenidos a través de este proceso. Esta sección pretende resaltar aspectos de la experiencia que no se exponen comúnmente en las iniciativas de ciencia ciudadana y que resultaron valiosos para los resultados obtenidos en esta investigación. La sección se compone de buenas prácticas, lecciones aprendidas y retos que se identificaron a través de la observación y reflexión de este proceso de ciencia ciudadana.

El acompañamiento individual y colectivo:

Una de las formas más comunes de hacer ciencia ciudadana ocurre mediante la participación masiva, de lo que la literatura llama “público en general”, en la recolección de información para el desarrollo de extensas bases de datos (con mayor escala espacial y temporal) útiles para la investigación científica (McQuillan, 2014; Kullenberg, 2015; Kimura & Kinchy,

2016). Las iniciativas de este tipo, generalmente no propician espacios de comunicación y diálogo entre científicos y participantes más allá de la recolección de los datos, pues en muchos casos la relación entre estos se limita al intercambio de datos o a una comunicación exclusivamente virtual.

A diferencia de esto, esta experiencia de ciencia ciudadana en la cuenca del río Tres Amigos tuvo como objetivo llevar a cabo un proceso de intercambio (virtual y presencial) constante con los participantes. Esto permite mostrar en este apartado de manera más detallada, las implicaciones y resultados de esta experiencia y acompañamiento a nivel individual y comunitario, más allá de los resultados de calidad del agua que se obtuvieron.

El acompañamiento se dio de manera individual y colectiva. A nivel individual la comunicación constante se dio por medio de mensajes texto al menos cada dos semanas durante todo el proceso. Por medio de esta comunicación se logró observar de manera personalizada la experiencia de cada participante, incluyendo los motivos por los que para algunos se dificultó la toma de muestras pero también sus experiencias particulares durante el monitoreo. Además de esto, con todos los participantes se realizaron al menos dos visitas a los puntos de muestreo después de las capacitaciones realizadas con cada uno. Gracias a este acompañamiento individual, se observó la apropiación de las herramientas de cada participante pero también la apropiación de los datos obtenidos y del proceso. Cada uno de los participantes tuvo su propia agenda respecto a su participación y los datos recolectados, por lo que el acompañamiento permitió guiar y observar el uso que le dieron a esos resultados.

Como se mencionó anteriormente, durante este proceso los participantes demostraron estar apropiados de las herramientas y del proceso de monitoreo. En este sentido, resulta importante resaltar dos hechos que muestran cómo se expresó esta apropiación. Primero, debido a las limitaciones de tiempo y distancia que algunos participantes tuvieron para la recolección de los datos, estos capacitaron a otras personas interesadas las cuales se unieron al monitoreo. De esta experiencia es importante resaltar la forma en la que los participantes demostraron su interés en continuar generando datos, pero también la capacidad de compartir el conocimiento adquirido con otras personas de la comunidad. Además de capacitar a otras personas, los participantes como parte de su agenda ambiental (principalmente los vinculados a organizaciones ambientalistas), compartieron con el resto de su comunidad los resultados obtenidos y el conocimiento adquirido sobre los parámetros de calidad del agua, en charlas en escuelas o en actividades comunales como ferias. Los resultados por lo tanto evidencian, una de las virtudes de la ciencia ciudadana; el alfabetismo científico, como una forma de expandir el conocimiento relacionado con los procesos ecológicos y que se adquiere por medio de la participación en este tipo de iniciativas (Overdevest et al., 2004; Kimura & Kinchy, 2016; Alender, 2016; Hecker et al., 2018; Kimura & Kinchy, 2019).

Otro aspecto que se resalta de la ciencia ciudadana en la literatura es el “efecto multiplicador”, el cual también se hizo evidente esta investigación. Como se mencionó

anteriormente, este se da en casos como el de un monitoreo participativo, mediante el cual otras personas de la comunidad terminan involucrándose gracias al conocimiento que comparten los participantes (Overdevest, 2004; Storey et al., 2016; Weeser et al., 2018). Este resultado obtenido también concuerda con Kimura & Kinchy (2016), refiriéndose al “liderazgo comunitario” como uno de los resultados que pueden adquirir quienes participan en un proceso de ciencia ciudadana.

A nivel colectivo, el acompañamiento se dio por medio de talleres llevados a cabo en dos momentos: a la mitad del proceso de recolección de datos y al final del monitoreo. Estos talleres tuvieron el objetivo de compartir de manera grupal los resultados obtenidos y las experiencias de cada participante. Uno de los resultados más importantes de esta investigación se obtuvo por medio de estos encuentros grupales, los cuales permitieron espacios de diálogo entre distintos actores de la comunidad (Asadas, Asociaciones de Desarrollo Integral, grupos ambientalistas y otras personas de la comunidad). En estos encuentros se generaron discusiones interesantes sobre la problemática ambiental y surgió una “red” entre los participantes y las organizaciones a partir de esta experiencia colectiva.

Una de las razones por las que resulta importante destacar estos espacios, es que permitió observar las formas en que la ciencia ciudadana puede contribuir a la toma de decisiones a nivel comunitarios, así como dar los primeros pasos para la incidencia política, tal y como se discutirá más adelante. Los participantes identificaron problemáticas comunes a través de estas discusiones y tomaron decisiones colectivas a partir de los resultados obtenidos y la experiencia compartida. Estas respuestas de los participantes sobre qué aprendieron de este proceso, demuestra en este sentido la utilidad que tuvo la experiencia de monitoreo, pero también la relevancia que tuvieron estos espacios:

“Que la experiencia conjunta permitió un encuentro y potenció la relación entre los diferentes grupos que participaron, los unió en una misma preocupación”.

“(…) Ubicó la calidad del agua como una preocupación que debe mantenerse en constante monitoreo”.

Las lecciones aprendidas de este acompañamiento coinciden en que, como otros estudios lo señalan, debe existir una buena comunicación e interacción entre quienes lideran el proyecto y los participantes (Weeser et al., 2018; Win et al., 2019). Aunque los autores señalan que esta buena comunicación permite garantizar el nivel de participación y la calidad de los datos recolectados, esta experiencia sugiere que la comunicación constante también enriquece el proceso de colaboración en la generación de conocimiento así como entender mejor el contexto no solo ambiental sino social en el cual se obtienen los datos. Participar más allá de la recolección de los datos, permitió a quienes compartieron esta experiencia, tejer redes entre actores que no se habían articulado alrededor de una misma problemática. Como lo sugieren Njue et al. (2019), la comunicación constante y los “vínculos fuertes” entre quienes lideran

la investigación y los participantes, sin duda alguna mejora la sostenibilidad del proceso, y como lo demuestra esta experiencia; propicia el compromiso de los participantes.

Además del aprendizaje individual, los encuentros grupales sugieren un “aprendizaje social” a partir de la experiencia, entendiendo este como:

“Definimos el aprendizaje social en el contexto de los recursos naturales como un proceso intencional de autorreflexión colectiva a través de la interacción y el diálogo entre diversos participantes (partes interesadas). Esta definición enfatiza el aprendizaje a través de interacciones en un entorno grupal incrustado en un contexto biofísico y sociocultural particular, y la naturaleza del aprendizaje como un acto consciente de autorreflexión colectiva” (Fernandez-Gimenez et al., 2008, p. 3).

En este sentido, los talleres permitieron a los participantes espacios de discusión y reflexión en torno a los datos obtenidos, las experiencias de monitoreo y las problemáticas ambientales de sus comunidades. En medio de estas discusiones, se identificaron problemáticas relacionadas a la calidad del agua como las aguas residuales o quebradas afectadas por la sedimentación producto de la actividad piñera. Los encuentros permitieron dar sustento a la toma de acciones colectivas relacionadas a estas problemáticas, las cuales incluyeron limpiezas de ríos o la petición a instituciones del gobierno para atender la problemática de aguas residuales y de sedimentación.

Estos resultados de la experiencia coinciden con que la participación en iniciativas de ciencia ciudadana o de investigación participativa, puede apoyar acciones colectivas o llevar a discusiones y decisiones relacionadas a temas ambientales (Kimura & Kinchy, 2019). Si bien, como estas autoras también lo mencionan, estas iniciativas no siempre permiten que quienes participen formen parte de los espacios en donde se toman las decisiones respecto a estas problemáticas, la experiencia de esta investigación coincide con las autoras y demuestra que por medio de la ciencia ciudadana sí se pueden fortalecer procesos de organización comunitaria mediante la generación de conocimiento y evidencia científica, que permiten dar sustento a decisiones a escala local.

Algunas respuestas de los participantes reflejan cómo el involucramiento directo en la generación e interpretación de los datos facilitó ese primer paso para la organización comunal alrededor de la calidad del agua:

“Facilitó a las comunidades la posibilidad de obtener datos sobre la calidad del agua y ser parte del proceso”.

“Porque pretendemos y queremos como organización comunal recuperar las quebradas al 100% (...) este monitoreo es como un primer paso para empezar a conocer el estado”.

El empoderamiento, entendido como un proceso en el cual “la autoridad y la habilidad se ganan, se desarrollan, se toman o se facilitan” (Aguayo & Lamelas, 2012, p. 124), se hace evidente en los resultados obtenidos por medio de esta experiencia. En este sentido, los participantes demostraron haber adquirido las habilidades y el conocimiento que les facilitó tomar acciones colectivas con respecto a la calidad del agua en sus comunidades, lo que a su vez coincide con el “liderazgo comunitario” sugerido por Kimura & Kinchy (2016). Actualmente, algunos de los participantes gestionan su propio proyecto de monitoreo en una de las quebradas que atraviesa la comunidad de Pital, en la que las aguas residuales y los desechos sólidos son una problemática significativa. Además de utilizar el equipo proporcionado por esta investigación, los participantes han contactado a otras organizaciones a nivel nacional como la “Alianza Nacional Ríos y Cuencas de Costa Rica” para llevar a cabo análisis de calidad del agua específicos, como el monitoreo biológico mediante el análisis de macroinvertebrados.

La interpretación de los datos y el manejo de expectativas:

Uno de los principales retos identificados en esta experiencia tiene que ver con la importancia de la comunicación efectiva de los datos obtenidos y el manejo de expectativas.

Jollymore et al. (2017) señalan que es una responsabilidad de quienes lideran procesos de ciencia ciudadana, mantener una comunicación constante pero sobretodo efectiva con los demás participantes, que no permita interpretaciones erróneas de los resultados obtenidos:

“Los conceptos de importancia y variabilidad pueden ser difíciles de comunicar más allá de una audiencia científica, con el potencial de que los participantes inserten sus propias interpretaciones en esta brecha de conocimiento. La comunicación clara de datos e interpretación de datos integra elementos de comunicación efectiva de riesgos, y es responsabilidad del científico que dirige el proyecto, dados los problemas relacionados con la posible inserción de interpretaciones ciudadanas” (Jollymore et al., 2017, p. 463)

Debido a las particularidades del equipo utilizado en esta investigación, además de las mediciones de parámetros básicos, los resultados no muestran una medida exacta de concentración, por lo que los datos obtenidos no se pueden relacionar de manera directa y exclusiva con alguna causa de contaminación. Como se ha dicho anteriormente, la selección de este equipo se hizo principalmente por su bajo costo y facilidad para utilizarse. Jollymore et al. (2017) utilizaron en su caso equipos espectrofotométricos para mediciones de algunos parámetros como nitratos. Sin embargo, a diferencia de que los resultados de esta investigación se obtuvieron mediante el uso de un equipo menos sofisticado, coinciden con

los autores en que estos equipos “son adecuados para la ciencia ciudadana, dada su velocidad, facilidad de uso y bajo costo por muestra” (Jollymore et al., 2017, p.465).

En este sentido, tanto el tipo de datos generados como el alcance de la investigación fueron aspectos importantes de recordar durante todo el proceso. Si bien estos dos se dejaron claros desde el inicio del proceso, la inquietud de los participantes por obtener y utilizar los datos para determinar y comprender el grado de contaminación del agua, estuvo presente a lo largo de todo el monitoreo.

¿Bases de datos para quién y para qué?:

Relacionada a este reto identificado, surge una de las reflexiones que se deriva de este proceso de ciencia ciudadana, y que tiene que ver con la importancia de lograr que los datos y la experiencia que se generen respondan a los objetivos y motivaciones no solo de científicos sino de quienes deciden participar de la iniciativa.

Una de las críticas que se hace a la ciencia ciudadana se fundamenta en la creación de extensas bases de datos mediante el trabajo voluntario de personas en las comunidades, quienes muchas veces no reciben una devolución de esos resultados o en caso de recibirla, no se hace con un acompañamiento sobre cómo utilizar los datos obtenidos (McQuillan, 2014; Kullenberg, 2015; Kimura & Kinchy, 2016).

En este sentido, la experiencia de esta investigación coincide con Jollymore et al. (2017), quienes plantean que “los participantes pueden presentar inquietudes y preguntas específicas del contexto que pueden ser difíciles de conciliar con los objetivos científicos y los datos resultantes, y por lo tanto pueden crear dilemas éticos en torno a la compensación por la participación que sea significativa y útil” (p. 465). Sin duda alguna, llevar a cabo un proceso de ciencia ciudadana tiene implicaciones éticas, que como lo plantean estos autores, llevan a cuestionarse a quienes lideran la investigación, si “ofrecer los datos a cambio de la participación de las personas garantiza que los datos sean útiles más allá de sus propios objetivos científicos” (Jollymore et al., 2017, p. 465).

Los resultados obtenidos de esta experiencia evidencian la necesidad señalada por Riesch & Porter (2013) sobre hacer explícitos los productos tangibles o las formas precisas en que se hará una retribución a quienes participen de estas iniciativas. Más allá de los resultados de esta experiencia sobre empoderamiento, alfabetismo científico y aprendizaje colectivo expuestos anteriormente, el manejo de las expectativas necesario a lo largo de este proceso, sugiere la importancia de que los participantes formen parte y aporten sus intereses desde la formulación de la iniciativa, y definan la devolución específica que recibirán al concluir su participación.

Sin duda alguna, esta investigación evidencia que cuando se espera que en un proceso de ciencia ciudadana genere impacto a nivel individual o comunitario en los participantes, uno de los retos de la ciencia ciudadana es complementar los objetivos de quienes lideran estas iniciativas con los de las personas que deciden involucrarse y participar. Después de esto,

comunicar qué representan estos datos y qué se puede hacer con ellos plantea el reto de que los procesos de ciencia ciudadana desarrollados en contextos de problemáticas ambientales, como en el caso de esta investigación, contemplen no solo un acompañamiento técnico o científico (hidrológico en este caso), sino también un acompañamiento que guíe la apropiación y utilización de los resultados una vez finalizado el período de medición.

Capítulo IV Ciencia ciudadana para la toma de decisiones a nivel comunitario

Ciencia ciudadana para la incidencia política:

Como se mencionó anteriormente, la ciencia ciudadana es considerada en muchos casos como una herramienta para que quienes participen, obtengan datos e información que les permitan tener incidencia política en las decisiones que se toman con respecto a sus comunidades (Buytaert et al., 2014; Kimura & Kinchy, 2019). Es por esto que se vuelve necesaria una revisión sobre qué implica la incidencia política, para ser valorada en el contexto de esta investigación.

La incidencia política permite a la ciudadanía tener impacto en el planteamiento e implementación de políticas para solucionar un problema o mejorar sus condiciones de vida. Como lo define WOLA (2005) la incidencia política “son las actividades dirigidas a ganar acceso e influencia sobre las personas que tienen poder de decisión en asuntos de importancia para un grupo en particular o para la sociedad en general” (p. 21). Para esto, se requieren una serie de pasos y de actividades que se articulan para lograr una estrategia de incidencia, lo que la convierte en un “proceso acumulativo” y no una acción concreta. Según el *Manual para la Facilitación de Procesos de Incidencia Política* de WOLA (2005), este proceso debe estar guiado por preguntas como: ¿qué se quiere?, ¿quién tiene el poder de decisión?, ¿qué se debe hacer para convencer a la persona clave? y ¿cómo saber si está funcionando el plan? De manera que las respuestas permitan definir una estrategia clara y efectiva de incidencia política. La figura 12 muestra los ocho pasos para llegar a la incidencia política que propone este manual, y demuestra que se requieren distintas etapas de planificación antes de llegar a la incidencia política.

Para el caso de esta investigación, resulta importante detenerse en el primer paso de la metodología, con el cual coinciden los resultados obtenidos de esta experiencia, y por lo que en la figura 12 se señala en color rojo. Este primer paso consiste en definir el problema y sus causas de manera clara, que permitan proponer finalmente soluciones concretas a este. Según

WOLA (2005), en muchos casos la falta información limita el análisis del problema y para esto se vuelve necesario un proceso de investigación que permita recopilar información base al respecto.

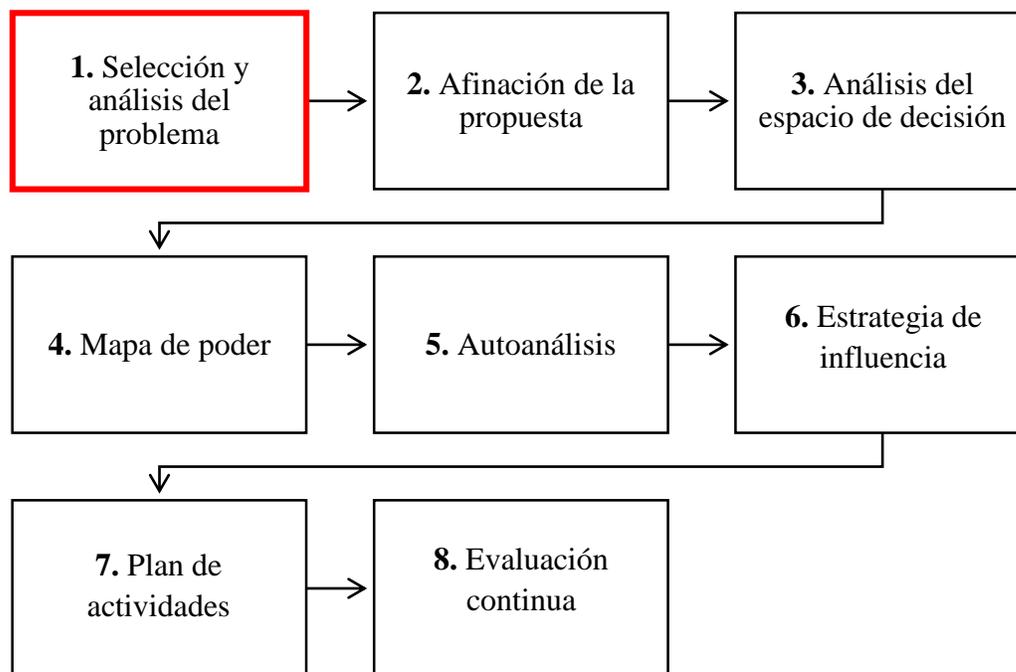


Figura 11: Metodología básica de la planificación participativa para la incidencia política. Elaboración propia con base en WOLA (2005).

Ciencia ciudadana para la toma de decisiones en la cuenca del río Tres Amigos:

La experiencia de este monitoreo participativo por medio de ciencia ciudadana, ha permitido sentar bases para orientar la búsqueda de soluciones y la toma de decisiones a nivel comunitario, con respecto a la calidad de las aguas superficiales. Si bien los resultados de calidad del agua obtenidos no permiten determinar el grado de contaminación ni la presencia de plaguicidas, los parámetros básicos de calidad del agua medidos permitieron a los participantes observar el comportamiento general de la calidad del agua a lo largo del río. De esta manera, los participantes lograron identificar sitios de interés en los cuales los resultados sugieren desarrollar un monitoreo con mayor atención o en los que son necesarios análisis de calidad del agua específicos.

Aunque la experiencia y la información recolectada no llevaron hasta la incidencia política, sí propició la toma de decisiones a nivel comunitario en torno a la calidad del agua de los ríos, así como la articulación de diversos actores en una problemática en común. Los

resultados obtenidos demuestran que esta experiencia permitió identificar de manera colectiva una problemática y preocupación que convoca a distintos sectores de la comunidad. La experiencia y los resultados permitieron generar evidencia sobre la problemática identificada pero también dar sustento a las decisiones colectivas que se tomaron respecto a esta después de haber participado.

La ciencia ciudadana se presenta generalmente como una oportunidad para que las comunidades obtengan datos que les permitan tener incidencia política y así lograr cambios con respecto a las problemáticas ambientales a las que se enfrentan (Buytaert et al., 2014; Kimura & Kinchy, 2019). A pesar de esto, la mayoría de la literatura presenta pocos ejemplos y evidencia de cómo a partir de un proceso de ciencia ciudadana los participantes llegan a tener incidencia política (Kimura & Kinchy, 2019). Como se ha dicho anteriormente, la literatura disponible expone únicamente los datos recolectados por los participantes y cómo estos son utilizados después para distintas aplicaciones científicas. Según Kimura & Kinchy (2019), las iniciativas de ciencia ciudadana se han centrado principalmente en mediciones específicas o en mejorar cada vez más los protocolos para el monitoreo de calidad del agua. Sin embargo, la reflexión que se deriva de esta investigación coincide con las autoras, en que son pocos los esfuerzos que se realizan de manera paralela para complementar las mediciones de calidad del agua, que les permitan a los participantes y a las comunidades representar sus condiciones de desigualdad y vulnerabilidad social, económica y ambiental (Kimura & Kinchy, 2019).

Estas mismas autoras argumentan que “los proyectos de ciencia ciudadana pueden estar enseñando ciencia a la gente -una virtud en sí misma- pero no necesariamente están enseñando las habilidades ciudadanas necesarias para abogar por la política ambiental” (Kimura & Kinchy, 2016, p. 342). Esto resulta de gran importancia para esta investigación, ya que la experiencia permite evidenciar que un proceso de ciencia ciudadana, en el contexto de conflicto socioambiental y de espacio rural en el cual se desarrolló, debería considerar un proceso de acompañamiento a los participantes, que les permita utilizar los datos recolectados de manera efectiva, atendiendo las necesidades que el contexto les plantea.

Las desigualdades ambientales y sociales que limitan el acceso a la información científica y a los espacios de toma de decisiones se acentúan en contextos rurales y de conflicto socioambiental. Por lo tanto, las lecciones aprendidas de esta investigación sugieren que una iniciativa de ciencia ciudadana en estos espacios, debe considerar equipos multidisciplinarios que permitan ese enfoque integral para el empoderamiento comunitario, que además de las mediciones puntuales permitan también pensar el proceso más allá de cuando se finalice la recolección de los datos.

Finalmente, esta investigación plantea que son necesarios una serie de esfuerzos que por lo tanto convierten a una iniciativa de ciencia ciudadana en un proceso de trabajo intensivo, contrario a lo que se espera en muchas de las iniciativas documentadas, donde la ciencia

ciudadana se considera como una forma rentable de recolectar información cubriendo amplias escalas espaciales y temporales (McQuillan, 2014; Kullenberg, 2015; Kimura & Kinchy, 2016).

¿Politizar los datos?:

Una de las particularidades de esta experiencia tiene que ver con la situación social y ambiental de la cuenca en la cual se desarrolló esta investigación. La revisión bibliográfica evidencia que existen pocas iniciativas de ciencia ciudadana en regiones como Latinoamérica (Buytaert et al., 2014; Njue et al., 2019), y además en contextos de lo que se conoce en la literatura latinoamericana como conflictos socioambientales.

Antes de contextualizar el conflicto socioambiental en la cuenca del río Tres Amigos, es importante reconocer la definición de este como “conflictos de incompatibilidad de objetivos al momento de utilizar recursos como el agua, el suelo, el bosque”, y que al existir esa incompatibilidad se genera “una distribución desigual de los costos y beneficios” de utilizar alguno de estos recursos (Fontaine, 2003, p. 27 citado en Obando, 2017).

El conflicto socioambiental provocado por el monocultivo de piña implica numerosas y diversas problemáticas sociales y ambientales en los espacios de producción donde se instala (Valverde et al., 2016). La contaminación de fuentes de aguas superficiales y subterráneas es una de estas problemáticas en las cuales se expresa el conflicto de la expansión del monocultivo de piña. Esta problemática es además, una de las afectaciones más evidentes en las comunidades de la cuenca del río Tres Amigos, en donde algunas fuentes de agua para consumo humano han sido clausuradas por estar contaminadas con los agroquímicos utilizados en este cultivo. La clausura de estas fuentes ha tenido implicaciones en la gobernanza local del agua pero también ha generado preocupaciones colectivas alrededor del ambiente. Las comunidades se han manifestado exigiendo información sobre el estado de sus recursos y han solicitado la sanción de los responsables de dicha contaminación. Ante esto, se han enfrentado a procesos extensos y complejos de denuncia, pero también han tenido que lidiar diariamente con la incertidumbre de la calidad del agua en sus comunidades. Esto debido a la poca disponibilidad de datos e información proporcionados por las instituciones del Estado, y al no contar con los recursos económicos para financiar análisis exhaustivos de calidad del agua por su cuenta.

La carencia de datos sobre calidad y cantidad de agua se hace evidente en las problemáticas ambientales a las que se enfrentan las comunidades de esta cuenca. La experiencia de esta investigación demuestra la necesidad de datos sobre calidad del agua para ser utilizados en la toma de decisiones a nivel comunitario y a nivel institucional, pero sobretodo la necesidad que tienen las personas de las comunidades de complementar sus experiencias con datos que

les permitan dirigirse a las instituciones para solicitar acciones concretas para proteger sus recursos.

El caso de este conflicto ha reflejado un escenario en el cual “la ciencia se considera la única base legítima para la gobernanza del medio ambiente y la salud” (Kimura & Kinchy, 2019), p.40), o como se refieren otros autores, un escenario en el que “la ciencia representa la voz neutral de la razón” (Kullenberg, 2015, p. 61). La clausura de las nacientes de agua en la comunidad de Veracruz de Pital, no solo ha dejado en evidencia este escenario, sino también que las experiencias y relatos de las personas no se consideran suficientes para demostrar la problemática o tomar acciones al respecto.

Si bien esta investigación se centró en mediciones de parámetros básicos de calidad del agua y no así en determinar el grado de contaminación o la presencia de plaguicidas en las aguas superficiales, este proceso hace necesario reflexionar sobre el potencial de la ciencia ciudadana en un contexto de conflicto socioambiental. En este sentido, resulta importante considerar una de las críticas que se le hace a la ciencia ciudadana cuando esta se centra en la recolección de datos científicos y entonces “tiende a despolitizar los problemas ambientales, reduciendo los problemas político-económicos a problemas técnicos” (Kimura & Kinchy, 2016, p. 337).

Ante esta crítica, Kimura & Kinchy (2019) insisten en la importancia de la “contextualización de los datos” cuando se trata de investigaciones con enfoques desde la ciencia ciudadana. No reducir los resultados de la experiencia a los datos obtenidos de calidad del agua, supone en este caso, reflejar también el contexto social y ambiental más amplio en el cual se enmarcan estos resultados.

Durante esta experiencia, los participantes manifestaron la necesidad de tener información que les permita acercarse a las instituciones o que les permita guiar sus propios procesos de toma de decisiones:

“A nivel comunitario podríamos tener elementos que nos den fuerza o pruebas para elevar la voz a las instituciones y que atiendan la situación... Estos datos nos permiten mostrar a la comunidad lo que encontramos”.

“Tener datos para trabajar en la concientización del problema y sus consecuencias”.

“Saber el estado de los ríos de la zona para poder tomar decisiones”.

El potencial de la ciencia ciudadana en el monitoreo ambiental radica en la posibilidad de dar voz a grupos que han sido excluidos de procesos de toma de decisiones, y que al no “hablar” el lenguaje técnico se encuentran en desventaja en estos procesos, en un contexto que se caracteriza por la “racionalización de los problemas ambientales” (Kimura y Kinchy, 2019, p. 40). Las autoras plantean que involucrar a estos grupos y personas en una investigación científica, puede ayudar a disminuir estas desigualdades en espacios en los cuales se privilegian los datos científicos sobre las experiencias y preocupaciones individuales y colectivas (Kimura y Kinchy, 2019).

Ante este escenario, la experiencia de esta investigación también busca reflexionar alrededor de otra de las críticas a la ciencia ciudadana. Esta crítica plantea que considerar la ciencia ciudadana como una forma de continuar haciendo investigación científica a pesar de los recortes de presupuesto destinados para esta actividad, puede “recrear” la lógica neoliberal de lo que Michel Foucault llama “el empresario de sí mismo” (Kimura & Kinchy, 2016, p. 352).

En este sentido, la escasez de datos sobre la calidad de las aguas superficiales y subterráneas en esta cuenca, demuestran lo que Rodríguez et al., (2018) describen como una “ausencia selectiva” del Estado costarricense. Coincidiendo con las autoras, la presente investigación evidencia también que el Estado tiene “una ausencia planificada y organizada, ya que interviene cuando se requiere promoción y desaparece cuando se requiere control e información”, tal y como ocurre en el caso de la actividad piñera en la cuenca del río Tres Amigos (Rodríguez et al., 2018, p. 191). El artículo 50 de la Constitución Política de Costa Rica, señala el derecho de todo ciudadano y ciudadana a un ambiente sano, y establece al Estado como el encargado de garantizar este derecho. De acuerdo con las autoras, el Estado costarricense otorga los permisos requeridos para que estas empresas se instalen en espacios como la cuenca del río Tres Amigos, sin embargo este no realiza las acciones de monitoreo ahora necesarias y las cuales le corresponden, sino que estas responsabilidades están recayendo en las personas de las comunidades. De esta forma, el Estado costarricense no está garantizando el derecho que tienen estas comunidades a un ambiente sano.

Los resultados y la experiencia de esta investigación finalmente plantean la necesidad de que las iniciativas de ciencia ciudadana también “prioricen la documentación y la expresión del contexto social” en el cual se desarrollan (Kimura & Kinchy, 2019, p. 71). De esta forma, se evita la “racionalización” de los procesos ecológicos que se estudian, los cuales en contextos como el de un conflicto socioambiental, tienen implicaciones sociales, económicas y políticas que los alteran.

Conclusiones

Más allá de los datos de calidad del agua recolectados, esta investigación prestó especial atención a los elementos de la experiencia que les permitieron a los participantes tomar decisiones individuales y colectivas, relacionadas a la calidad del agua. Si bien esta experiencia coincide con algunos aspectos de la ciencia ciudadana mencionados en la literatura, las particularidades del contexto de la cuenca y la metodología implementada determinaron los resultados obtenidos en esta investigación.

El contexto es uno de los elementos más importantes de esta experiencia. Como se mencionó, muchas de las iniciativas de ciencia ciudadana relacionadas con el monitoreo de la calidad del agua, se han desarrollado en Estados Unidos o países europeos. La revisión bibliográfica evidencia que en países como Estados Unidos, las experiencias han estado marcadas por la presencia de extensas redes de monitoreo con una larga trayectoria, asociadas en algunos casos a la institucionalidad del país dedicada a velar por el monitoreo ambiental. Estas iniciativas se caracterizan además, en que el objetivo de la participación tiene que ver con el alfabetismo científico y no así el estudio de las afectaciones que provocan las problemáticas socioambientales.

Mientras tanto, esta investigación se desarrolló en un contexto de conflicto socioambiental provocado por el monocultivo de piña, donde en la calidad del agua de esta cuenca, se acentúan las numerosas afectaciones que provoca este monocultivo al ambiente. Además de esto, esta investigación se enmarcó en un contexto de escasez de datos como en muchas otras regiones del mundo, y sin la presencia de redes de monitoreo comunitarios como las que caracterizan a otras iniciativas en el norte global.

Los resultados de esta experiencia demuestran y coinciden con la literatura expuesta, que la utilización de un equipo básico, de bajo costo y sencillo para el monitoreo de parámetros básicos de calidad del agua, permitió obtener datos útiles para la caracterización de la calidad de las aguas superficiales en la cuenca del río Tres Amigos. Los resultados demostraron que la exactitud de los datos obtenidos en parámetros como temperatura y oxígeno disuelto, no presentan una diferencia significativa, por lo tanto representan valores útiles para describir el comportamiento de estos parámetros a lo largo de la cuenca. Sin duda alguna, la validación de los datos obtenidos por medio de equipos con mayor precisión, es necesaria para disminuir la desconfianza que existe en cierta parte de la comunidad científica respecto a los datos generados por medio de esta práctica, pero también para demostrar la credibilidad y utilidad de estos datos.

Quienes participaron de esta experiencia representaron actores claves de la organización comunitaria interesada en la gestión del agua. La experiencia con estos participantes demostró lo que ya se ha sugerido en la literatura anteriormente, que trabajar directamente con grupos organizados o personas de las comunidades que tengan afinidad con el tema de estudio, favorece el desarrollo del proceso y el involucramiento activo de los participantes

(Win et al., 2019). En esta investigación, el trabajo directo con organizaciones de base comunitaria vinculadas e interesadas en el agua, y la comunicación y el acompañamiento constante con los participantes, facilitaron la participación y el compromiso a lo largo de todo el proceso.

Dentro de los resultados más relevantes de esta investigación, resalta el surgimiento de redes entre los participantes a partir de esta experiencia compartida. Este resultado coincide con el estudio de Overdeest et al., (2004), quienes plantean que este tipo de monitoreos pueden propiciar el aumento del capital social de las comunidades. Los resultados de esta investigación concuerdan con los autores en que, a pesar del corto tiempo de duración de este proceso, la creación de redes entre los participantes es uno de los resultados evidentes producto de esta experiencia. Los resultados también demuestran el empoderamiento y el liderazgo comunitario adquirido por medio de esta experiencia. La conformación de estas redes a partir del monitoreo, constituye uno de los primeros pasos a nivel comunitario para la organización de acciones colectivas y la toma de decisiones en temas relacionados con la calidad del agua en esta cuenca.

Siguiendo a Kimura & Kinchy (2019) esta investigación también concluye que -el contexto importa-. Según las autoras no en todos los casos de ciencia ciudadana se cumplen las mismas -virtudes- que se le atribuyen a esta práctica, y la respuesta a esto además de relacionarse con la forma en la que se diseña la iniciativa, tiene que ver también en gran medida con el contexto en el cual se desarrollan. La calidad del agua es un elemento relevante en el contexto de esta cuenca, debido a la contaminación provocada por el uso excesivo de plaguicidas en la actividad piñera. Aun cuando las mediciones realizadas no determinaran la presencia y el grado de concentración de plaguicidas, los resultados obtenidos permitieron a los participantes identificar puntos en los cuales son necesarios análisis de calidad del agua con mayor profundidad.

El contexto del conflicto provocado por el monocultivo de piña plantea que las iniciativas de ciencia ciudadana en contextos como este, deben estar diseñadas en conjunto con los participantes, de manera que los resultados obtenidos pueden beneficiarles para conectar sus experiencias y relatos con los datos que se generen. Los datos generados deben ser útiles para sus propias agendas, y no solo para las instituciones u organismos que lideran estas iniciativas. La ciencia ciudadana en estos contextos, tiene el potencial y debería pensarse como una forma de permitir a las comunidades generar evidencia científica sobre las problemáticas ambientales a las que se enfrentan.

Esta investigación demuestra, tal y como lo señalan Kimura & Kinchy (2019), que la ciencia ciudadana en contextos como los de esta investigación, pone evidencia la “distribución injusta de las cargas de contaminación y las formas en que la desigualdad social y las relaciones de poder dan forma a los problemas ambientales” (p. 1439). De esta forma se expresan los “conflictos ecológicos-distributivos” (Martínez-Alier, 2004), en los cuales son las comunidades las que enfrentan directamente los costos y las afectaciones ambientales, en

este caso del monocultivo de piña, mientras que las empresas exportadoras son las que reciben los beneficios del uso de los recursos naturales.

Los resultados de esta experiencia demostraron que en el estudio de la calidad del agua, las afectaciones sociales y ambientales provocadas por el monocultivo de piña en estas comunidades, no se deben trivializar. Si bien existen determinados objetivos científicos para el monitoreo de la calidad de las aguas superficiales, llevar a cabo este monitoreo por medio de la ciencia ciudadana implica considerar también los objetivos de quienes se involucran, los cuales no siempre serán los mismos de quienes lideran la investigación. La experiencia de esta investigación demostró que el contexto socioambiental de la cuenca, determinó las motivaciones de los participantes, e incidió en la forma en la que esta experiencia contribuyó en los procesos de toma de decisiones de quienes participaron.

Repensar la ciencia ciudadana:

Finalmente, esta investigación se plantea como un esfuerzo por repensar la ciencia ciudadana en el contexto latinoamericano, en un espacio rural, y en particular de un conflicto socioambiental, a luz de los resultados de esta experiencia. La literatura señala que existe una tradición –unidireccional- en la generación de conocimiento científico, que no da lugar a los conocimientos locales, impidiendo que de esta manera se enriquezca el proceso de generación del conocimiento (Jollymore et al., 2017).

Esta investigación plantea que la ciencia ciudadana puede ser un espacio de encuentro para distintos saberes, en donde el conocimiento técnico y científico se complementa con el conocimiento comunitario. La ciencia ciudadana puede ser un espacio de inclusión de distintos saberes, teniendo claros los límites de cada uno de estos, pero permitiendo de esta forma un diálogo entre las distintas formas que existen de entender la naturaleza y los procesos ecológicos.

Según Kimura & Kinchy (2019), se trata de “generar un diálogo entre las preocupaciones sociales y la evidencia generada con las observaciones científicas” (p. 131). Coincidiendo con estas autoras, los resultados de esta experiencia sugieren que “existen otras formas de desarrollar una investigación participativa que priorice la documentación y la expresión del contexto social” (p. 71).

En este sentido, uno de los hallazgos de esta investigación es poner en evidencia la necesidad de que las iniciativas de ciencia ciudadana similares a las de esta experiencia, contemplen en su proceso además de un acompañamiento científico, un acompañamiento que permita abordar las dimensiones sociales y políticas del contexto en el cual se enmarcan las mediciones y los datos obtenidos. En un contexto como el de la cuenca del río Tres Amigos, la ciencia ciudadana puede ser una forma de integrar diversas perspectivas, las cuales son necesarias para abordar el estudio de los sistemas socio-naturales (Kimura & Kinchy, 2019). Esta experiencia sugiere que la ciencia ciudadana debe ser participativa e inclusiva no solo permitiendo a personas de las comunidades involucrarse en el desarrollo de una investigación

científica, sino también dando un espacio a otros campos del conocimiento como las ciencias sociales.

Esta investigación plantea que después de un proceso de medición, se debe emprender un acompañamiento que guíe el proceso de incidencia política. La ciencia, por medio de la ciencia ciudadana, puede dar herramientas para atender las necesidades de estas comunidades, pero además acompañarles en el uso de estos datos para presentar estas problemáticas socioambientales a las instancias competentes.

Referencias bibliográficas

Abbasi, T., Abbasi, S.A. (2012). Water Quality Indices. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/book/9780444543042/water-quality-indices#book-description>

Alender, B. (2016). Understanding volunteer motivations to participate in citizen science projects: a deeper look at water quality monitoring. Recuperado de: https://jcom.sissa.it/archive/15/03/JCOM_1503_2016_A04

Aguayo, E., & Lamelas, N. (2012). Midiendo el empoderamiento femenino en América Latina, 12-2 (Regional and Sectorial Economic Studies).

Bonney, R., Cooper, C.B., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K.V. and Shirk, J. (2009). Citizen science: a developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/232687546_Citizen_Science_A_Developing_Tool_for_Expanding_Science_Knowledge_and_Scientific_Literacy

Bonney, R., Shirk, J.L., Phillips, T.B., Wiggins, A., Ballard, H.L., Miller-Rushing, A.J. and Parrish, J.K. (2014). Next steps for citizen science. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/261186507_Next_Steps_for_Citizen_Science

Breuer, L., Hiery, N., Kraft, P., Bach, M., Aubert, A., Hans-Georg Frede. (2015). HydroCrowd: a citizen science snapshot to assess the spatial control of nitrogen solutes in surface waters. Recuperado de: <https://www.nature.com/articles/srep16503>

Buytaert, W., Zulkafli, Z., Grainger, S., Acosta, L., Alemie, TC., Bastiaensen, J., De Bièvre, B., Bhusal, J., Clark, J., Dewulf, A., Foggin, M., Hannah, DM., Hergarten, C., Isaeva, A., Karpouzoglou, T., Pandeya, B., Paudel, D., Sharma, K., Steenhuis, T., Tilahun, S., Van Hecken, G., Zhumanova, M. (2014). Citizen science in hydrology and water resources: opportunities for knowledge generation, ecosystem service management, and sustainable development. Recuperado de: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feart.2014.00026/full>

Cerdas, M. (2017). Costa Rica necesita red de monitoreo hidrológico. Semanario Universidad. Recuperado de: <https://semanariouniversidad.com/universitarias/costa-rica-necesita-red-monitoreo-hidrologico/>

Córdoba, J. (2018). UCR revela que agua en la zona norte registran contaminación con agroquímicos. Semanario Universidad. Recuperado de: <https://semanariouniversidad.com/pais/fuentes-de-agua-en-la-zona-norte-registran-contaminacion-con-agroquimicos/>

Damonte, G. (2015). Redefiniendo territorios hidrosociales: control hídrico en el valle de Ica, Perú (1993-2013). Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/cudr/v12n76/v12n76a05.pdf>

Dickinson, J.L., Shirk, J., Bonter, D., Bonney, R., Crain, R.L., Martin, J., Phillips, T., Purcell, K. (2012). The current state of citizen science as a tool for ecological research and public engagement. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/236158178_The_current_state_of_citizen_science_as_a_tool_for_ecological_research_and_public_engagement

Dourojeanni, A. (1994). La gestión del agua y las cuencas en América Latina. Recuperado de: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/11953-la-gestion-agua-cuencas-america-latina>

Eitzel, M V., Cappadonna, J L., Santos-Lang, C., Duerr, R E., Virapongse, A., West, S E., Kyba, C C M., Bowser, A., Cooper, C B., Sforzi, A., Metcalfe, A N., Harris, E S., Thiel, M., Haklay, M., Ponciano, L., Roche, J., Ceccaroni, L., Shilling, F M., Dörler, D., Heigl, F., Kiessling, T., Davis, B Y., Jiang, Q. (2017). Citizen Science Terminology Matters: Exploring Key Terms. Recuperado de: <https://theoryandpractice.citizenscienceassociation.org/articles/10.5334/cstp.96/>

FAO. (2009). ¿Por qué invertir en ordenación de las cuencas hidrográficas?. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/012/a1295s/a1295s01.pdf>

Farnham, D., Gibson, R., Hsueh, D., McGillis, W., Culligan, P., Zain, N., Buchanan, R. (2016). Citizen Science-Based Water Quality Monitoring: Constructing a Large Database to Characterize the Impacts of Combined Sewer Overflow in New York City. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716325694>

Fernandez-Gimenez, M.E., Ballard, H., Sturtevant, V. (2008). Adaptive Management and Social Learning in Collaborative and Community-Based Monitoring: A Study of Five Community-Based Forestry Organizations in the Western USA. *Ecology and Society* 13 (2): 4. Recuperado de: <https://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art4/>

Hecker, S., Bonney, R., Haklay, M., Hölker, F., Hofer, H., Goebel, C., Gold, M., Makuch, Z., Ponti, M., Richter, A., Robinson, L., Iglesias, J.R., Owen, R., Peltola, T., Sforzi, A., Shirk, J., Vogel, J., Vohland, K., Witt, T. and Bonn, A. (2018). Innovation in Citizen Science – Perspectives on Science-Policy Advances. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/324811534_Innovation_in_Citizen_Science_-_Perspectives_on_Science-Policy_Advances

IEEE Global Spec. (2020). Water Quality Photometers and Colorimeters Information. Recuperado de:

https://www.globalspec.com/learnmore/labware_scientific_instruments/spectrometers_analytical_photometers/water_quality_colorimeters_photometers

Jollymore, A., Haines, M., Satterfield, T., Johnson, M. (2017). Citizen science for water quality monitoring: Data implications of citizen perspectives. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/317632342_Citizen_science_for_water_quality_monitoring_Data_implications_of_citizen_perspectives

Kimura, A., Kinchy, A. (2016). Citizen Science: Probing the Virtues and Contexts of Participatory Research. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/311727185_Citizen_Science_Probing_the_Virtues_and_Contexts_of_Participatory_Research

Kimura, A., Kinchy, A. (2019). *Science by the People. Participation, Power, and the Politics of Environmental Knowledge*. Rutgers University Press.

Kindon, S., Pain, R. and Kesby, M. (2008). Participatory action research. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780080449104004909?via%3Dihub>

Kullernberg, C. (2015). Citizen Science as Resistance: Crossing the Boundary Between Reference and Representation. Recuperado de: <https://gup.ub.gu.se/file/206652>

Kullenberg C, Kasperowski D (2016) What Is Citizen Science? – A Scientometric Meta-Analysis. Recuperado de: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0147152>

Lave, R. (2012). Neoliberalism and the Production of Environmental Knowledge. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/263417341_Neoliberalism_and_the_Production_of_Environmental_Knowledge

Levy, M., Garcia, M., Blair, P., Chen, X., Gomes, S., Gower, D., Grames, J., Kuil, L., Liu, Y., Marston, L., McCord, P., Roobavannan, M., Zeng, R. (2016). Wicked but worth it: student perspectives on socio-hydrology. Recuperado de: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/hyp.10791>

Linton, J., Budds, J. (2013). The hydrosocial cycle: Defining and mobilizing a relational-dialectical approach to water. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016718513002327>

Loiselle, SA., Gasparini-Fernandes, Cunha D., Shupe, S., Valiente, E., Rocha, L., Heasley, E., Belmont, P., Baruch, A. (2016). Micro and Macroscale Drivers of Nutrient Concentrations in Urban Streams in South, Central and North America. Recuperado de: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0162684>

Martínez-Alier, J. (2004). *El ecologismo de los pobres* (Primera). Barcelona: Icaria Edición.

McQuillan, Dan. (2014). The Countercultural Potential of Citizen Science. Recuperado de: <https://research.gold.ac.uk/11482/1/mcquillan-countercultural-potential-of-citizen-science.pdf>

Molle, F. (2008). River-basin planning and management: The social life of a concept. Recuperado de: https://ac.els-cdn.com/S0016718509000311/1-s2.0-S0016718509000311-main.pdf?_tid=5c284bca-133d-40cf-be4435a0d3bd9670&acdnat=1527105228_c708966749bba57605ceb920d4e9f8e3

Njue, N., Stenfert Kroese., Gräf, J., Jacobs, S.R., Weeser, B., Breuer, L., Rufino, M.C. (2019). Citizen science in hydrological monitoring and ecosystem services management: State of the art and future prospects. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719334515>

Obando, A. (2017). El Estado detrás de la piña: El conflicto socioambiental del monocultivo de piña los cantones de Upala, Guatuso y Los Chiles (2000-2015). (Tesis para optar por el grado de Licenciatura en Ciencias Políticas). Universidad de Costa Rica, Sede Rodrigo Facio.

Overdeest, C., C. H. Orr, K. Stepenuck. (2004). Volunteer Stream Monitoring and Local Participation in Natural Resource Issues. Recuperado de: <https://www.humanecologyreview.org/pastissues/her112/overdeestorrstepenuck.pdf>

Programa Estado de la Nación. (2017). Vigésimotercer Informe del Estado de la Nación. Capítulo 7. Armonía con la Naturaleza. Recuperado de: <http://estadonacion.or.cr/2017/assets/en-23-2017-book-low.pdf>

Riesch, H., Potter, C. (2013). Citizen science as seen by scientists: Methodological, epistemological and ethical dimensions. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/256189123_Citizen_Science_as_Seen_by_Scientists_Methodological_Epistemological_and_Ethical_Dimensions

Rodríguez, T. (2017). Una Agenda para el Agua. Primer foro de #HablemosdeElecciones, Centro de Investigación y Estudios Políticos, Escuela de Ciencias Políticas, Universidad de Costa Rica.

Rodríguez, T., Obando, A., Acuña, M. (2018). Entender el extractivismo en regiones fronterizas. Monocultivos y despojo en las fronteras de Costa Rica. Recuperado de: <http://revistas.ecosur.mx/sociedadambiente/index.php/sya/article/view/1845>

Shelton, A. (2013). The Accuracy of Water Quality Monitoring Data: A Comparison Between Citizen Scientists and Professionals. Recuperado de: <https://pdfs.semanticscholar.org/7e49/ab2d012ba1db6bffb2bc0f5841f175e73ef0.pdf>

Shirk, J. L., H. L. Ballard, C. C. Wilderman, T. Phillips, A. Wiggins, R. Jordan, E. McCallie, M. Minarchek, B. V. Lewenstein, M. E. Krasny, and R. Bonney. 2012. Public participation in scientific research: a framework for deliberate design. *Ecology and Society* 17(2): 29.<http://dx.doi.org/10.5751/ES-04705-170229>

Silvertown, J. (2009). A new dawn for citizen science. Recuperado de: <https://static1.squarespace.com/static/53ef7f3be4b07998dc387a48/t/53f0b673e4b06ae6d5b06e94/1408284275521/Silvertown+TREE+2009+Citizen+Science.pdf>

Sivapalan, M., Konar, M., Srinivasan, V., Chhatre, A., Wutich, A., Scott, C., Wescoat, J., Rodríguez, I. (2014). Socio-hydrology: Use-inspired water sustainability science for the Anthropocene. Recuperado de: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/2013EF000164>

Sivapalan, M., Savenije, H., Blöschl, G. (2012). Socio-hydrology: A new science of people and water. Recuperado de: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/hyp.8426>

Soleri, D., J. W Long, M. D. Ramirez-Andreotta, R. Eitemiller. (2016). Finding Pathways to More Equitable and Meaningful Public-Scientist Partnerships. Recuperado de: <https://theoryandpractice.citizenscienceassociation.org/articles/10.5334/cstp.46/>

Storey, R.G., Wright-Stow, A., Kin, E., Davies-Colley, R.J., Stott, R. (2016). Volunteer stream monitoring: do the data quality and monitoring experience support increased community involvement in freshwater decision making? Recuperado de: <https://www.ecologyandsociety.org/vol21/iss4/art32/>

Swyngedouw, E. (2009). The Political Economy and Political Ecology of the Hydro-Social Cycle. Recuperado de: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1936-704X.2009.00054.x>

Torres, P., Cruz, C., Patiño, P. (2008). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>

Valverde, K., Porras, M., & Jiménez, A. (2016). La expansión por omisión: Territorios piñeros en los cantones Los Chiles, Upala y Guatuso, Costa Rica (2004-2015). Programa Estado de la Nación. Recuperado de http://estadonacion.or.cr/files/biblioteca_virtual/022/Ambiente/Valverde_Ketal_2016.pdf

Vásquez-Morera, Javier (2019). Monitoreo-Agua-UCR (Versión 1.057) [Software de aplicación móvil]. Recuperado de <https://drive.google.com/drive/folders/1s9xhBL7duG-t3yvvnOXiiZbDnYU11rK3>

Vásquez, J., J. Durán, D. González, J. Carazo, C. Birkel, K. Calvo. (2018). Tecnologías de la Información y las Comunicaciones para el Monitoreo Colaborativo, el Análisis y la Coordinación de Acciones para la Restauración de la Calidad de las Aguas Superficiales. II Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia, Transformación Digital en Instituciones de Educación Superior, Ciencia y Cultura, Cartagena de Indias, Colombia, 3 - 5 de septiembre de 2018

Vigil, K. (2003). Clean water: an introduction to water quality and water pollution control. Recuperado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/Clean-water-%3A-an-introduction-to-water-quality-and-Vigil/8e8c488d044fc3fa5e7f162c522c66c546afe94c>

Weeser, B., Kroese, J., Jacobs, S., Njue, N., Kemboi, Z., Ran, A., Rufino, M., Breuer, L. (2018). Citizen science pioneers in Kenya – A crowdsourced approach for hydrological monitoring. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718308878>

Wiggins, A., Crowston, K. (2011). From Conservation to Crowdsourcing: A Typology of Citizen Science. Recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5718708>

Win, T. T. N., Bogaard, T., & van de Giesen, N. (2019). A low-cost water quality monitoring system for the Ayeyarwady River in Myanmar using a participatory approach. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/336000963_A_Low-Cost_Water_Quality_Monitoring_System_for_the_Ayeyarwady_River_in_Myanmar_Using_a_Participatory_Approach

WOLA. (2005). Manual para la facilitación de procesos de incidencia política. Recuperado de: <https://www.wola.org/es/analisis/manual-para-la-facilitacion-de-procesos-de-incidencia-politica/>

Anexos

Anexo 1 Manuales para el uso de las herramientas de monitoreo

Instrucciones de uso del Water Monitoring Kit

Estas instrucciones tienen el objetivo de facilitar el uso y la toma de muestras para medición de parámetros de calidad del agua utilizando el equipo Water Monitoring, en el marco del monitoreo de calidad de agua realizado por los participantes del proyecto “Ciencia ciudadana para la generación de información hidrológica en la cuenca del río Tres Amigos. Zona Norte, Costa Rica, 2019”. Cualquier consulta debe dirigirse a Sara Blanco, encargada del proyecto al número 8635-3669 o al correo electrónico brsara09@gmail.com.

1- Es recomendable iniciar la toma de las muestras completando la información solicitada en la tabla de *Datos generales*. Seguidamente, tomar la temperatura del río sumergiendo por al menos 1 minuto el envase del kit, procurando que el agua cubra la cinta negra, en la cual se pondrá de color verde el valor de temperatura obtenido. (Ver página 17 del manual, paso 1 para más detalle)

2- Posteriormente llenar con agua el envase del kit hasta la mitad para realizar la medición de turbidez comparando con la tabla de resultados. (Ver página 31 del manual para más detalle)

3- Se recomienda realizar la prueba de fosfatos primero ya que esta tarda más tiempo en reaccionar. Para esta se debe llenar hasta 10mL uno de los frascos largos y se aplica una pastilla de fosfatos (PHOSPHORUS), se agita hasta que la pastilla se disuelva y se deja reposar hasta que la muestra desarrolle el color para comparar con la tabla de resultados. Esta muestra es la que desarrolla un tono azul. (Ver la página 27 del manual para más detalle)

4- Continuando con el muestreo, se recolecta la muestra de agua para la prueba de demanda bioquímica de oxígeno. Esta debe ser en uno de los frascos más pequeños, sin aplicar ninguna pastilla, se cierra y se envuelve en papel aluminio y se guarda por 5 días. Pasados los cinco días se le aplican dos pastillas de oxígeno disuelto (DISSOLVED OXYGEN), se agita hasta disolver las pastillas y se espera a que muestre el color que permita comparar el resultado con la tabla de resultados. **Recordar que como lo dice el manual (ver página 21): “la diferencia (la resta) entre el resultado de la prueba de Oxígeno Disuelto y este resultado es la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de la muestra”.** (Ver página 21 del manual para más detalle)

5- Seguidamente recolectar la muestra de agua para la prueba de coliformes fecales, el frasco debe llenarse hasta los 10 mL (procurando dejar la pastilla dentro del frasco). Esta muestra

se guarda por 48 horas para obtener el resultado, si es de color rojo es negativo, si es color amarillo es positivo (Ver páginas 13 y 14 del manual para más detalle)

6- Para la prueba de oxígeno disuelto, llenar de agua el otro frasco pequeño y aplicar dos pastillas de oxígeno disuelto (DISSOLVED OXYGEN), agitar hasta disolver las pastillas y esperar a que muestre el color para comprar con la tabla de resultados. El resultado del porcentaje (%) de oxígeno disuelto debe verificarse en la tabla de la página 19 del manual, tomando como referencia el resultado de temperatura también. (Ver páginas 17-19 del manual para más detalle)

7- Para la prueba de nitratos, llenar uno de los frascos largos hasta los 5mL y poner una pastilla de nitratos (NITRATE CTA), colocar el frasco en una de las fundas protectoras y agitar hasta disolver la pastilla. Esperar a que muestre el color para comprar con la tabla de resultados.(Ver página 23 del manual para más detalle)

8- Para la prueba de pH, llenar uno de los frascos largos hasta los 10mL y aplicar una pastilla de pH (WIDE RANGE ph), agitar hasta disolver la pastilla y esperar a que muestre el color para comprar con la tabla de resultados. (Ver página 25 del manual para más detalle)

9- Recordar siempre anotar todos los datos obtenidos en la hoja asignada para registrar la información. Tomar siempre una fotografía aguas arriba y aguas abajo del punto de muestreo para adjuntarla también en el ingreso de los datos en la aplicación Monitoreo de Agua. Lavar siempre y esterilizar después de cada muestreo los frascos donde se recolectan las muestras de agua.

10- Recordar que **el frasco de la muestra de coliformes fecales debe botarse completamente e inmediatamente después de obtener el resultado** (ver indicaciones en el manual página 15). Los otros frascos se conservan y se continúan utilizando.

11- Cuando se cuenta con todos los datos de muestreo (el día número 5 cuando se hace la prueba de demanda bioquímica de oxígeno), ingresar los datos en la aplicación Monitoreo de Agua. Para este momento consultar las **Instrucciones de uso de la Aplicación Monitoreo de Agua**.

Instrucciones de uso de la Aplicación Monitoreo de Agua*

(*Diseñada por el informático Javier Vásquez, de la Universidad de Costa Rica)

Estas instrucciones tienen el objetivo de facilitar el uso e ingreso de datos en la aplicación Monitoreo de Agua, en el marco del monitoreo de calidad de agua realizado por los participantes del proyecto “Ciencia ciudadana para la generación de información hidrológica en la cuenca del río Tres Amigos. Zona Norte, Costa Rica, 2019”.

1. Abrir la aplicación Monitoreo de Agua instalada en su celular y dirigirse a las tres líneas horizontales  (arriba a la izquierda). Seleccionar en la  el *Índice QTWQI*. Seleccionar el  para *Insertar* nuevos datos.

2. Todos los campos con * deben ser completados. En la opción *Seleccione nombre del río* marcar *Sin nombre* (esto para que al colocar el nombre de un río no genere problemas de ubicación del punto de muestreo).

3. En *Datos generales*:

- *Nombre de institución*: en caso de ser una Asada poner el nombre de esta, sino el nombre del participante.

- *Nombre de estación*: el nombre que se le haya asignado al punto de muestreo. (Ejemplo: Finca Porvenir, Puente Pueblo Viejo...).

- *Fecha*: seleccionar en  el día que se realizó la toma de las muestras.

- *Kit*: seleccionar La Motte Kit.

- *Latitud, longitud y altitud*: son los datos anotados en la hoja con los datos generales del sitio de muestreo.

- *País*: Costa Rica.

- *Área Administrativa nivel 1*: Alajuela.

- *Área Administrativa nivel 2*: San Carlos.

- *Área Administrativa nivel 3*: Nombre del distrito (Venecia, Pital...).

- *Temperatura del río*: medida el día del muestreo.

- *Área del cauce del río y velocidad del agua* no se completan.

4. En *Datos obligatorios*: al seleccionar el *Índice QTWQI* se despliegan todos los parámetros medidos, para completar esta sección utilizar la sección ***Mediciones con el kit Water Monitoring*** de la hoja donde se registraron las mediciones realizadas.

5. Los *Datos Opcionales* no se completan.

6. En *Fotos* recordar ingresar las fotografías tomadas el día del muestreo aguas arriba y aguas abajo con palabras clave (pueden ser el nombre de *Nombre de estación*, nombre del río...)

7. Finalmente presionar en  y esperar el aviso de confirmación “*el documento se ha agregado con éxito...*”.

8. Cualquier consulta debe dirigirse a Sara Blanco, encargada del proyecto al número 8635-3669 o al correo electrónico brsara09@gmail.com.

Anexo 2 Guía de entrevista para la evaluación del proceso con cada uno de los participantes

Evaluación “Ciencia Ciudadana para la generación de información hidrológica en la cuenca del río Tres Amigos. Zona Norte, Costa Rica, 2019”

A través de este cuestionario se busca evaluar la experiencia de los participantes del proyecto “Ciencia Ciudadana para la generación de información hidrológica en la cuenca del río Tres Amigos. Zona Norte, Costa Rica, 2019”. La información recopilada se utilizará para fines de esta investigación y los resultados de este cuestionario serán presentados de manera anónima.

Nombre del participante:

Organización:

Edad:

Máximo nivel de educación formal:

Comunidad:

Profesión:

Sobre la recolección de datos:

1. Del 1 al 5, ¿qué tan difícil considera usted que fue la recolección de los datos con el equipo Water Monitoring?

1__ Muy fácil 2__ Fácil 3__ Ni fácil ni difícil 4__ Difícil 5__ Muy difícil

2. ¿Con qué frecuencia recolectó datos? Semanalmente __ Mensualmente __

3. ¿Ingresó datos regularmente cada mes? Sí __ No __

4. En caso de haber respondido que no en la pregunta anterior, favor indicar las razones por las cuales no pudo hacerlo regularmente?

5. Del 1 al 5, ¿qué tan difícil considera usted que fue el ingreso de los datos en la aplicación Monitoreo de Agua?

1__ Muy fácil 2__ Fácil 3__ Ni fácil ni difícil 4__ Difícil 5__ Muy difícil

6. Del 1 al 4, ¿qué tan útil considera la aplicación?

1 __ Muy útil 2 __ Útil 3 __ Poco útil 4 __ Nada útil

7. Si la respuesta es útil (1 o 2), ¿para qué la considera útil?

8. ¿Le interesa continuar usando tanto el equipo como la aplicación?

1 __ No me interesa.

2 __ No sé / no he decidido.

3 __ Sí me interesa.

Sobre su experiencia en el proyecto:

1. Por favor indique qué aspectos le motivaron a participar en este proyecto. Sea lo más detallado(a) que pueda en su respuesta.

2. ¿Esa motivación cambió a lo largo del proceso?

__ Al inicio tenía interés y lo perdió.

__ Al inicio no tenía interés y sigue sin tenerlo.

__ Al inicio no tenía interés y ahora sí.

__ Al inicio tenía interés y lo mantiene.

__ Al inicio tenía interés y aumentó.

__ El proceso no ha influido en su motivación.

3. ¿Su participación en el proceso cumplió con sus expectativas? Sí __ No __

4. ¿Qué aprendió durante el proceso?

5. Del 1 al 4, ¿qué tan importante considera usted que es el monitoreo participativo del agua para la toma de decisiones a nivel comunitario?

1 __ Muy importante 2 __ Importante 3 __ Poco importante 4__ Nada importante

6. ¿Cuáles acciones o decisiones tomaría con base en el monitoreo de calidad agua realizado?

7. ¿Qué aspectos positivos resaltaría usted de este proyecto? Por favor sea lo más específico (a) posible.

8. ¿Qué aspectos de la manera en cómo se llevó a cabo este proyecto cree usted que se podrían mejorar?

9. ¿Volvería a participar de un proyecto similar a este, de monitoreo de agua u otro recurso natural? Sí __ No __

Anexo 3 Guía de taller participativo al finalizar el proceso

Taller final para la discusión y evaluación del proceso

Tareas:

- Definir lugar, fecha, hora y duración.
- Enviar invitación.
- Definir y encargar refrigerio
- Materiales: presentación para los resultados, mapa en físico de la cuenca para intervenir, libreta para hacer notas de la actividad.

Actividad	Objetivo	Materiales
Presentación de resultados	Exponer los principales resultados obtenidos con el monitoreo con interpretación tangible.	Presentación de Power Point y computadora.
Evaluación y recopilación de experiencias Preguntas clave: ¿cuál fue la motivación para participar? ¿Cuáles fueron los principales aprendizajes? ¿Cuáles fueron las principales dificultades? (separar esta pregunta en kit, aplicación y monitoreo) ¿cuáles son oportunidades de mejora?	Compartir, evaluar y recopilar la experiencia de monitoreo de manera grupal.	Mapa de la cuenca, papel periódico o cajas “buzones”, marcadores o lapiceros.
Discusión grupal de la actividad anterior. Preguntas clave: ¿cómo esto contribuye para la toma de decisiones o cómo tendría que ser para que contribuya?	Discutir las experiencias de monitoreo y las posibilidades de esto para la toma de decisiones.	Libreta para apuntes.
Discusión sobre devolución de resultados. Preguntas clave: ¿cómo devolver los resultados? ¿cuál es la opción más útil para cada uno?	Discutir sobre opciones útiles para la devolución de resultados. Definir y acordar opción.	Libreta para apuntes, hacer votación para definir la opción.
<i>Cierre y agradecimiento</i>		

